

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**Reducción de desperdicios en el proceso de producción de la  
“Empresa X” mediante la metodología DMAIC**

**Francisca María Cevallos Carrera**

**Analía Patricia Cueva Caicedo**

**Paula Andrea Mora Córdova**

**Ingeniería Industrial**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

Quito, 11 de diciembre de 2024

# **Universidad San Francisco de Quito USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

## **HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Reducción de desperdicios en el proceso de producción de la “Empresa X”  
mediante la metodología DMAIC**

**Francisca María Cevallos Carrera**

**Analía Patricia Cueva Caicedo**

**Paula Andrea Mora Córdova**

**Nombre del profesor, Título académico**

**Pablo Sebastián Burneo Arteaga, MeM**

Quito, 11 de diciembre de 2024

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Francisca María Cevallos Carrera  
Código: 00323286  
Cédula de identidad: 1718926338

Nombres y apellidos: Analía Patricia Cueva Caicedo  
Código: 00216525  
Cédula de identidad: 1724236375

Nombres y apellidos: Paula Andrea Mora Córdova  
Código: 00213928  
Cédula de identidad: 1723825673

Lugar y fecha: Quito, 11 de diciembre de 2024

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## RESUMEN

Este proyecto aplica la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para identificar y reducir desperdicios en la producción de productos químicos destinados a prolongar la vida de flores. A través de la aplicación de herramientas estadísticas Lean para la eliminación de desperdicios como *5s*, *Mieruka* y conjuntamente con la optimización de procesos mediante una propuesta de rediseño de planta se logró reducir tiempos de producción y aumentar la rentabilidad. El análisis de datos y las mejoras implementadas evidencian una significativa reducción de desperdicios, impulsando la eficiencia operativa y el margen de ganancia de la empresa.

**Palabras clave:** Lean, Six Sigma, Margen de Ganancia, Reducción de Desperdicios, Optimización.

## ABSTRACT

This document presents a study on waste reduction in the production processes of “Company X”, using the *DMAIC* (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) methodology. The main objective is to increase profitability by identifying and eliminating inefficiencies that contribute to high production costs, focusing especially on products with low profit margins. The project aims to systematically analyze current processes and apply *Lean Six Sigma* tools to drive continuous improvement. The results provide significant opportunities for waste reduction and increased profitability as a result of the new implementations suggested. This study provides a guide for future studies or projects aimed at improving operational excellence in the company.

**Palabras clave:** Lean Six Sigma, Profitability, Profit Margin, Optimization, Waste Reduction

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>CASO DE ESTUDIO</b> .....	17
<b>DEFINIR:</b> .....	17
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA X.....	17
PROBLEMA.....	17
OBJETIVO .....	18
<b>MEDIR:</b> .....	20
TAMAÑO DE MUESTRA.....	20
PLAN DE MEDICIÓN.....	21
FAMILIA DE LÍQUIDOS .....	22
FAMILIA POLVOS .....	23
FAMILIA DE SÓLIDOS .....	24
<b>ANALIZAR:</b> .....	26
DIAGRAMAS DE ESPAGUETI.....	26
CARTAS DE CONTROL .....	27
DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	28
ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD LABORAL .....	29
<b>IMPLEMENTAR:</b> .....	30
KAIZEN, MIERUKA Y 5S .....	30
PROTOTIPOS: HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN POR KG .....	33
FUTURAS IMPLEMENTACIONES .....	34
<b>CONTROLAR:</b> .....	36
<b>RESULTADOS</b> .....	37
<b>DISCUSIÓN</b> .....	39
<b>CONCLUSIONES</b> .....	40
<b>SIGUIENTES PASOS</b> .....	41
<b>REFERENCIAS</b> .....	42
<b>ANEXOS</b> .....	45
Anexo A: Project Charter.....	45
Anexo B: Diagrama de SIPOC .....	46
Anexo C: BPMN Familia de Polvos.....	47
Anexo D: BPMN Familia Líquidos .....	48

Anexo E: BPMN Familia Sólidos.....	49
Anexo F: Tiempos del proceso de la familia de líquidos.....	50
Anexo G: Tiempos del proceso de la familia de polvos .....	50
Anexo H: Tiempos del proceso de la familia de sólidos.....	50
Anexo I: Análisis cuello de botella Líquidos .....	51
Anexo J: Análisis cuello de botella Polvos .....	51
Anexo K: Análisis cuello de botella Sólidos.....	52
Anexo L: Diagrama de Spaghetti Familia Polvos Antes .....	53
Anexo M: Diagrama de Spaghetti Familia Polvos Después .....	53
Anexo N: Diagrama de Spaghetti Familia Líquidos Antes.....	54
Anexo O: Diagrama de Spaghetti Familia Líquidos Después .....	54
Anexo P: Diagrama de Spaghetti Familia Polvos Antes.....	55
Anexo Q: Diagrama de Spaghetti Familia Polvos Después.....	55
Anexo R: I-MR Carta de Control Familia Líquidos .....	56
Anexo S: I-MR Carta de Control Familia Polvos .....	56
Anexo T: I-MR Carta de Control Familia Sólidos.....	57
Anexo U: Ishikawa Desperdicios en Transporte.....	58
Anexo V: Ishikawa Desperdicios en Movimiento .....	58
Anexo W: Recetas antes.....	59
Anexo X: Recetas ahora.....	59
Anexo Y: Materiales fuera de lugar (antes) .....	60
Anexo Z: Materiales organizados y etiquetados en un estante (ahora).....	60
Anexo AA: Tablero Kanban.....	61
Anexo AB: Prototipo 1.....	62
Anexo AC: Prototipo 2.....	62
Anexo AD: Layout Antes.....	63
Anexo AE: Layout con Mejoras .....	64
Anexo AF: Cuestionario 5s.....	65
Anexo AG: Puntuación de Auditoría .....	67
Anexo AH: Puntuación de Auditoría Antes .....	67
Anexo AI: Puntuación de Auditoría Ahora .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Márgenes por familia de los 16 SKUs .....	19
Tabla 2: Tamaño de muestra por familia .....	21
Tabla 3: Tamaño de muestra final .....	21
Tabla 4: Takt Time .....	25
Tabla 5: Tiempos de transporte – Diagramas de Spaghetti .....	27
Table 6: Comparación de tiempos .....	29
Table 7: 5s Acciones .....	31
Table 8: Comparación de layouts en ahorro de tiempo .....	35

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Fórmula para costo unitario .....	19
Figura 2: Fórmula para tamaño de muestra .....	21
Figura 3: Líquidos – Proceso de envasar 5KG .....	23
Figura 4: Polvos – Proceso de envasar 1KG .....	23
Figura 5: Sólidos – Proceso de envasar 1/2KG .....	24

## INTRODUCCIÓN

La industria de flores es una de las principales fuentes económicas del Ecuador. Como país se encuentra en el cuarto lugar a nivel mundial de exportadores de flores. Las flores ecuatorianas son reconocidas por sus colores y diversidad, resultado de su cultivo, donde existen condiciones óptimas para la floricultura. Estas flores tienen una alta demanda a nivel nacional como internacional, con exportaciones a Europa, Canadá y Estados Unidos (Manotoa-Mejía et al., 2022). La industria no solo se centra en el cultivo de flores, sino que también depende en gran medida de los procesos posteriores a la cosecha, esenciales para mantener la frescura y garantizar alta calidad durante la exportación. Fincas y distribuidores de flores buscan productos que puedan prolongar la vida de flores cortadas.

Para lograr una mayor vida útil de flores y plantas, se utilizan diversos productos químicos que preservan su calidad. En Ecuador, varias empresas están involucradas en la producción y venta de estos químicos especiales para la conservación y frescura. Para proteger la privacidad de la empresa involucrada en este proyecto, la llamaremos "Empresa X" a lo largo del documento. Empresa X, es una fabricante e importadora de productos químicos para la industria florícola. La Empresa X, con sede en Quito, es una filial de una corporación multinacional holandesa. Está especializada en la producción de insumos para el cuidado postcosecha de flores. Su misión es ofrecer productos de alta calidad y sostenibles que extiendan la vida de las flores (Empresa X, 2024).

Empresa X adquiere su materia prima de Colombia, la cual se procesa en una bodega con capacidad limitada en Quito antes de llegar a los clientes en las provincias de Pichincha, Imbabura y Cotopaxi. En este contexto, la Empresa X, dedicada a la producción de químicos postcosecha, enfrenta pérdidas económicas debido a ineficiencias en la producción. Esto

subraya la necesidad de analizar y optimizar sus procesos para reducir costos y aumentar la rentabilidad. A pesar de tener un margen de ingresos promedio del 43%, a través de la metodología DMAIC y sus herramientas Lean Six Sigma, este proyecto busca identificar y reducir desperdicios en el proceso de producción de la Empresa X, optimizando su eficiencia operativa y fortaleciendo sus márgenes de ganancia.

## REVISIÓN LITERARIA

En esta sección se presenta información relevante que muestran la relación entre la industria florícola y la metodología *DMAIC*, destacando cómo las herramientas de *Lean Six Sigma* se aplican para resolver estos tipos de problemas. Se incluyen referencias a artículos sobre *Lean*, casos de éxito en floricultura y otras industrias, y ejemplos del uso de *DMAIC* en la mejora continua de procesos.

### INDUSTRIA FLORÍCOLA EN ECUADOR

Desde 1990 la industria florícola se ha convertido en un motor clave del comercio exterior de Ecuador, contribuyendo significativamente a la economía nacional (Manotoa et al., 2022). A medida que las preferencias de consumidores evolucionan, se da mayor importancia a la calidad de las flores y, por lo tanto, las empresas ecuatorianas se han visto obligadas a mejorar sus prácticas de cosecha y postcosecha. Para seguir siendo competitivos, los cultivadores de flores en Ecuador deben mantener altos estándares, ya que el valor comercial de sus rosas se determina por su atractivo estético en el punto de venta y no en el momento de la cosecha (Manotoa et al., 2022). Después de la cosecha, las flores pasan por procesos para preservar su tiempo de vida, aunque pueden deteriorarse debido a factores ambientales o a la calidad del agua y los químicos utilizados (Reid, 2009).

Empresa X se especializa en la producción de alimentos para flores, utilizando químicos que prolongan la vida útil de flores y plantas. Fabrican productos líquidos y sólidos, cada uno siguiendo un proceso de producción específico (Empresa X, 2018). Sin embargo, algunos productos generan mayores desperdicios durante su producción, lo que afecta negativamente su rentabilidad y las ganancias de la empresa. Este desperdicio se debe principalmente a ineficiencias en el tiempo de producción y los procesos operativos.

### ESTUDIOS PREVIOS DE LEAN SIX SIGMA

En una empresa procesadora de alimentos demostró que aplicar *Lean Six Sigma* para aumentar las ganancias permitió identificar que las actividades sin valor agregado y los cuellos de botella contribuían significativamente a los altos costos. Al eliminar estas ineficiencias, la empresa redujo el desperdicio en un 50% y aumentó sus ganancias en un 7% (Manjeet Kharub et al., 2021). Otro estudio sobre una empresa de alimentos que enfrentaba pérdidas debido a procesos operativos ineficientes, logró reducir la variabilidad al identificar el problema principal como el desperdicio de materia prima durante la fabricación (Ortiz-Porras et al., 2023). Aplicando la metodología *DMAIC* y herramientas de *LSS*, la empresa redujo el desperdicio en un 2.23% y aumentó su productividad en un 2.4%, logrando beneficios a largo plazo para el negocio (Ortiz-Porras et al., 2023).

La aplicación de *DMAIC* y *Lean Six Sigma* en industrias como la química, ha mostrado resultados comparables a los observados en el sector alimentario, donde se logró una reducción de desperdicios y una mejora en la rentabilidad. Muhammad Kholil (2022) mencionó en su estudio sobre la producción de aerosoles que los defectos y el desperdicio en la producción impactaban negativamente la calidad del producto y la satisfacción del cliente. Tras identificar las causas raíz, la implementación de *LSS* redujo el tiempo del ciclo del proceso de 88 minutos

a 83 minutos (Kholil, 2022). Esta mejora incrementó la producción y mejoró la calidad del producto.

Estos estudios demuestran los beneficios de las herramientas *DMAIC* y *Lean Six Sigma*, no solo en la reducción de desperdicios, sino también en la mejora de la rentabilidad, la eficiencia operativa, la calidad del producto y la satisfacción del cliente. En todas las investigaciones, se destacan herramientas como *SIPOC*, el *Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)* y los *Indicadores Críticos de Calidad (CTQ)* por su efectividad para analizar posibles mejoras. La combinación de *DMAIC* y *LSS* ha demostrado impulsar mejoras continuas, convirtiéndose en un punto de referencia para proyectos futuros y un marco valioso para empresas que buscan éxito a largo plazo (Akmal Hanafi et al., 2019).

En este proyecto se busca utilizar esta metodología con el fin de reducir devoluciones, desperdicios, costos operativos y aumentar la satisfacción del cliente. Esto es importante especialmente en la industria química, donde las materias primas suelen ser costosas. Además, se reduce los tiempos de ciclo, permitiendo a las empresas responder rápidamente a la demanda de clientes y a cambios del mercado. Al establecer procesos eficientes se maximiza la utilización de recursos y se minimiza los costos asociados con la eliminación de desperdicios y reprocesos.

## **METODOLOGÍA**

Este proyecto aplica la metodología *DMAIC* (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) con el objetivo de identificar y eliminar ineficiencias en el proceso de producción de la Empresa X. Esta metodología ampliamente utilizada, se centra en mejorar la calidad de productos y servicios, estandarizar procesos y optimizar estrategias empresariales, garantizando soluciones efectivas y sostenibles (Trimajorko et al., 2020).

Dentro del marco de este proyecto, *DMAIC* se integra en el enfoque de Lean Six Sigma (LSS), el cual combina herramientas estadísticas con principios de mejora continua. LSS proporciona la base filosófica y metodológica que respalda la aplicación de *DMAIC*, asegurando que las mejoras alcanzadas sean sostenibles a largo plazo (Pyzdek, 2023).

*DMAIC* consiste en cinco etapas con un enfoque claro y específico:

**Definir:** En esta etapa, se identificaron los productos con márgenes de ganancia bajos mediante un análisis de costos operativos y precios de venta. Se utiliza un *Project Charter* y un *SIPOC* para establecer el alcance del proyecto, enfocándose en reducir los desperdicios en la producción de tres familias de productos.

**Medir:** Se analizaron y tomaron datos de la situación actual de la empresa para así entender cada proceso e identificar donde existían esos desperdicios (actividades que agregan o no valor) que afectaban al margen de ganancia. Se utilizó el cálculo del *takt time* para analizar los tiempos productivos.

**Analizar:** Se utilizó herramientas Lean como Ishikawa, diagramas de espagueti para encontrar las posibles causas a los desperdicios encontrados en las otras etapas.

**Implementar:** Una vez identificadas las causas, se desarrollaron soluciones utilizando herramientas como *5s*, *Kaizen*, distribución de plantas para así reducir el impacto de las actividades que no agregan valor sobre el costo y el margen de ganancia de los productos.

**Controlar:** Se realizó un plan para controlar las mejoras implementadas y así dar supervisión a lo implementado para asegurarse de que los procesos se mantengan eficientes.

*Lean Six Sigma (LSS)* es un enfoque que combina los principios de Lean y las herramientas analíticas de *Six Sigma* para mejorar las operaciones en las empresas, reduciendo desperdicios y mejorando la calidad de los procesos. Lean se enfoca en eliminar actividades que no añaden valor desde la perspectiva del cliente, optimizar inventarios y crear flujos de trabajo eficientes (Krueger, D. C et al., 2013). Funciona basándose en cinco principios clave: definir el valor desde la perspectiva del cliente, identificar el flujo de valor (las acciones que añaden valor al proceso), crear flujo en las actividades, establecer la capacidad de satisfacer la demanda del cliente y analizar continuamente el proceso para eliminar residuos y aumentar valor (Daniyan, Ilesanmi et al., 2022). Además, fomenta una cultura de mejora continua, asegurando que los avances se mantengan a largo plazo mediante el control y monitoreo sistemático de los procesos (Dumitrescu & Dumitrache, 2011).

Por otro lado, *Six Sigma* es una metodología enfocada a mejorar la calidad y el rendimiento de la producción mediante el uso de diversas herramientas estadísticas que se alinean con la satisfacción y las necesidades del cliente, buscando eliminar desperdicios en los procesos (Krueger, D. C et al., 2013). Este enfoque utiliza de forma estructura el *DMAIC* que se enfoca en la recopilación de datos y la toma de decisiones basadas en los mismos, facilitando la mejora continua y garantizando un seguimiento eficiente de las mejoras realizadas (Basu, R., 2004).

El método integrado *Lean Six Sigma* combina ambos enfoques al centrarse en la reducción de desperdicios e incorporar elementos de calidad, ofreciendo múltiples beneficios a la empresa (Hill, J et al., 2017). *Lean Six Sigma* se ha convertido en líder de la mejora empresarial y se ha implementado con éxito en todo tipo de empresas (Tampubolon & Purba,

2020). Por ejemplo, Motorola logró un ahorro de 1.500 millones de dólares en los primeros diez años de implementación de herramientas *Six Sigma* (Dumitrescu & Dumitrache, 2011).

## CASO DE ESTUDIO

### DEFINIR:

#### DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA X

Empresa X fabrica productos que prolongan la vida de flores y plantas. Su misión y visión se centra en ofrecer productos sostenibles de alta calidad que optimicen la vida útil de las flores (Empresa X, 2018). Como sede de una empresa holandesa, ha estado activa en el mercado ecuatoriano desde el 2011. La empresa opera desde un almacén en Quito con 23 empleados, produce y envasa cerca de 200 SKUs, que hemos clasificado en diferentes familias en función a su proceso de producción. La gestión actual de la producción se ha visto afectada generando altos costos operativos, tiempos, desperdicios de movimientos y transporte. La Empresa X considera que estas ineficiencias afectan negativamente en la rentabilidad de ciertos SKUs al aumentar costos de producción. Debido que la empresa se enfrenta a pérdidas que afectan directamente a sus ganancias, busca optimizar sus procesos y aumentar sus márgenes de ganancia.

#### PROBLEMA

En base a datos históricos de costos y ventas desde el 2022 hasta el 2024, la Empresa X se ve afectada por bajos márgenes de ganancia en algunos SKUs. Existen productos con márgenes de ganancia relativamente bajos y otros que incluso generan pérdidas. Nos enfocaremos en analizar los costos dentro del proceso de producción, los cuales dependen de

los tiempos de producción, ineficiencias operativas y problemas en la estrategia de precios, lo que indica oportunidades de mejora.

## OBJETIVO

El objetivo principal de este proyecto es utilizar herramientas *Lean Six Sigma* para reducir desperdicios, mejorar la calidad de su proceso de producción y, por tanto, aumentar la rentabilidad de los productos con mayores pérdidas.

Para comenzar con la primera fase del *DMAIC*, para definir el contexto del proyecto utilizamos un *Project Charter* (Anexo A) que describe el alcance, los objetivos y los límites del mismo. Del mismo modo, la herramienta *SIPOC* (Anexo B) nos proporciona una visión general del proceso, aclarando su funcionamiento y las áreas donde pueden existir mejoras. Para identificar las relaciones existentes dentro de la empresa, se divide el proceso en componentes clave: proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes (Souza et al., 2022). Como mencionamos anteriormente, nos enfocaremos en el proceso de producción.

Dentro del proceso de reconocimiento y las actividades, la gerente de operaciones señaló que el proceso de producción de cada producto varía en función del tipo de producto. Empresa X cuenta con tres líneas principales de productos que serán parte de este proyecto. Por un lado, fabrican productos sólidos, que incluyen precipitantes, y una solución diseñada para estimular la apertura y conservación de flores cortadas (Empresa X, 2018). La familia de polvos incluye diferentes polvos de color para flores. Por otro lado, ofrecen productos líquidos que también incluyen colorante floral, pero en mayores capacidades, junto con otras soluciones destinadas a mejorar la conservación y longevidad de las flores. Los procesos de preparación y envasado son diferentes entre estos tipos de productos, ya que cada uno tiene unos requisitos de envasado únicos. Al realizar un recorrido por el área productiva se notó que parte del proceso

de producción se realiza manualmente, lo que aumenta la probabilidad de errores y provoca pérdidas de tiempo, movimientos y transportes innecesarios de materiales. Al tratarse de soluciones químicas, se requiere una supervisión constante durante todo el proceso.

Para poder identificar donde está el problema, calculamos el margen de ganancia de cada producto restando el costo unitario del precio de venta al público. Se identificaron 30 SKUs que tienen costos de producción altos en relación con sus precios de venta. De estos, se seleccionaron los 16 SKUs más representativos, con peor margen de ganancia y mayor volumen de producción anual, clasificándolos en tres familias según su proceso de producción. La *Tabla 1* muestra los productos organizados por familias y con su respectivo promedio de margen de ganancia ponderado:

<b>Familia</b>	<b>Margen de Ganancia Inicial</b>
<b>Líquidos</b>	<b>19,96%</b>
<b>Polvos</b>	<b>-14,88%</b>
<b>Sólidos</b>	<b>40,34%</b>

*Tabla 1: Márgenes por familia de los 16 SKUs*

#### DISTRIBUCIÓN DE LOS GASTOS DE FUNCIONAMIENTO

Para poder definir la estrategia óptima para aumentar los márgenes de ganancia, era esencial comprender y analizar cómo se asignaban los costos unitarios a cada SKUs. La empresa nos comentó que todos los gastos operativos (costos fijos como sueldos, alquiler, permisos, suministros y equipos) del presupuesto anual se distribuyen proporcionalmente entre todos los SKUs, considerando el tiempo de producción por unidad y la cantidad anual de producción. Por tanto, calculamos el coste unitario de cada SKU:

$$\text{Costo Unitario} = \frac{(\text{Tiempo Total de Producción por Unidad})(\text{Cantidad Anual})}{\text{Gastos Operativos Totales Anuales}}$$

*Figura 1: Fórmula para costo unitario*

Esto significa que un tiempo de producción elevado aumenta el costo por unidad, lo que afecta negativamente al margen de ganancia. Por ello, es esencial reducir los tiempos de producción de los 16 SKUs para reducir los costos unitarios, permitiendo así distribuir los gastos entre los demás productos con márgenes de ganancia más favorables. Esta es la principal razón por la cual se va a analizar como desperdicio el tiempo de producción.

**MEDIR:**

TAMAÑO DE MUESTRA

Se utilizaron los pronósticos de los SKUs desde septiembre, para calcular el tamaño de muestra de cada familia. Tomando en consideración que se busca analizar los desperdicios en el tiempo de producción, era necesario un tamaño de muestra adecuado y representativo para llevar a cabo correctamente la toma de datos.

Aplicamos fórmula de una población finita, utilizando los datos de septiembre y octubre como el tamaño de la población. Adicionalmente, consideramos un nivel de confianza del 95%, que corresponde a un valor  $Z$  de 1,96, con un margen de error ( $e$ ) del 5% y una proporción ( $p$ ) de 0,5. El valor  $Z$  nos asegura que el muestreo tenga una precisión del 95% de la población real, mientras que el valor de la proporción de 0,5 toma en cuenta la variabilidad máxima, garantizando que el tamaño de la muestra es lo suficientemente robusto para un análisis fiable. El margen de error del 5% indica cuánto pueden variar los resultados de la muestra con respecto a la proporción real de la población. Estos parámetros se seleccionaron para proporcionar precisión y acomodar la variabilidad dentro de los datos, asegurando que el tamaño de la muestra es eficaz para este estudio (Stamatopoulos, 2019).

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Figura 2: Fórmula para tamaño de muestra

Familia	N	Tamaño de Muestra
Líquido	106	83
Polvos	80	63
Sólidos	234	184

Tabla 2: Tamaño de muestra por familia

Debido a las condiciones y el plan de producción de la empresa durante el mes que se realizó este proyecto, se utilizó un muestreo por conveniencia para la recolección de datos. Según Robert Wall Emerson (2015), utilizar el muestreo no probabilístico de conveniencia es una opción adecuada debido a las limitaciones mencionadas y la falta de datos. Estos valores son significativos ya que las muestras entre 30 y 500 suelen ser suficientes, mientras que los estudios pequeños pueden tener entre 20 y 30 muestras (Praharaj et. al, 2024) (Roscoe, 1975). A continuación, se muestran los tamaños de muestra calculados para las mediciones antes y después de las implementaciones:

Familia	Tamaño de Muestra
Líquidos	50
Polvos	30
Sólidos	50

Tabla 3: Tamaño de muestra final

## PLAN DE MEDICIÓN

El plan de medición consiste en observar el proceso de producción, identificando y registrando el tiempo que toma en completar cada actividad. Durante la observación, se midieron los tiempos utilizando un cronómetro para cada proceso de producción de las tres familias. Del mismo modo, se identificaron aquellas actividades que aportan un valor agregado

al producto. Estas son tareas que transforman el producto o generan un beneficio tangible para el cliente, en este caso la dosificación, el sellado y el envasado. Del mismo modo, se identificaron las actividades que no añaden valor al producto desde la perspectiva del cliente, como desplazarse en busca de materiales o limpiar la zona de trabajo. Estos tiempos se consideran un desperdicio y pueden eliminarse o reducirse.

Es importante establecer que el proceso de producción de las tres familias es completado únicamente por un solo operador y se divide en tres subprocesos: pre-preparación, preparación y post-preparación. Esto nos permitirá posteriormente realizar el cálculo del *takt time* e identificar donde se encuentra el cuello de botella. A continuación, se describe el proceso productivo para cada una de las familias analizadas:

#### FAMILIA DE LÍQUIDOS

La pre-preparación comienza con la recolección de materiales, que enfrenta retrasos significativos debido a la falta de organización y las dificultades para encontrar las herramientas necesarias. El operario trae ingredientes químicos y alcohol de diferentes contenedores, una balanza, un embudo y un balde de 15 kg, a la estación de trabajo. Para el proceso de preparación, el operario calibra la balanza con el balde y luego vierte cada producto químico y el alcohol, recalibrando la balanza con cada ingrediente para medir la cantidad exacta necesaria. Luego, el operario mezcla los productos químicos en una máquina. Después de esto, toma el embudo y lo coloca en nuevos contenedores de 5 kg. Vierte la mezcla en los nuevos contenedores y los lleva a una nueva estación para sellarlos y etiquetarlos.



*Figura 3: Proceso de Producción Familia Líquidos*

El tiempo total de producción fue de 5:50 minutos por unidad, donde observamos que la mayor demora ocurre en la etapa de preparación, que incluye el sellado, la limpieza exterior de los contenedores y el etiquetado. Estos pasos frenan el flujo, impactando en los tiempos de producción y la eficiencia del proceso.

### FAMILIA POLVOS

Con el proceso de polvos pudimos observar que las tareas manuales presentan demoras que se pueden eliminar, pero es necesario proceder con su respectivo análisis y poder identificar y presentar propuestas de mejora. Al igual que en el proceso de los líquidos, un solo operador se dedica a realizar el proceso desde que toma la materia prima hasta que es empacada en cajas para ponerlas en inventario. Al preparar los materiales, el operador demostró no saber dónde estaban los materiales y recorrió varias veces el área de producción hasta encontrar algunas herramientas.



*Figura 4: Proceso de Producción Familia Polvos*

Luego, para la preparación, el operador calibra la balanza con las bolsas plásticas y con una pala toma el polvo para colocarlo en las bolsas. Este proceso se demora aproximadamente 40 segundos ya que la pala no toma el peso exacto que se necesita, sino que lo mide a mano.

Finalmente, el operador sella la bolsa con una máquina a base de calor y se verifica que el producto no se salga; el tiempo de producción por unidad fue de 3:45 min donde la etapa final enfrenta un cuello de botella cuando se hace la inspección de calidad y se realiza la limpieza de la bolsa.

### FAMILIA DE SÓLIDOS

Para esta familia, el proceso es similar al de la familia de polvos, donde se toma el producto sólido de una caja en el estante de materias primas. El operador transfiere el sólido al área de producción de tinturas y colorantes. Después, se dirige al área de envases para recoger el material y llevarlo al área de producción. El proceso de preparación inicia cuando el operador utiliza una pala pequeña para agregar el  $\frac{1}{2}$  kg sólido a la base. Sin embargo, esto causa demoras y es donde se identifica el cuello de botella, ya que el operador mide el producto al ojo. Si el peso es menor o mayor al correspondiente, se debe quitar o agregar polvo hasta alcanzar la cantidad correcta.



*Figura 5: Proceso de Producción Familia Sólidos*

Una vez que el contenedor tiene el peso correcto, se sella y se lleva al área de etiquetado, donde se etiqueta cada contenedor. El tiempo total de producción por unidad fue de 3:20 min.

Todos los productos pasan por un proceso de post-preparación donde se verifica la calidad antes de ser almacenados para despacho. Para mejorar la comprensión de cada proceso, se diseñaron diagramas *BPMN* (Anexos C a E) que facilitan el análisis futuro, lo que nos permite identificar ineficiencias y áreas de mejora.

## TIEMPO DISPONIBLE DE PRODUCCIÓN

Una vez entendido el proceso de cada familia, es importante analizar el tiempo disponible que tiene la planta en general para cumplir con su plan productivo y así entender su relación con los desperdicios. La empresa cuenta con 3 operadores en el área de producción. Cada operador trabaja de 7:45 a 16:45 al día con 1 hora de almuerzo. Eliminando los días festivos, días por enfermedad y vacaciones, concluimos que cada operador trabaja 191 días al año. Además, se incluyeron dos factores en el cálculo para evaluar el tiempo disponible real que tiene cada operador para producir. Se consideró un factor de 0.8 ya que cada operador está trabajando efectivamente el 80% del tiempo total, y un factor de 0.34 que representa la parte del tiempo dedicada a tareas productivas que sí añaden valor a la empresa. Al multiplicar el número total de días laborables por los dos factores de eficiencia y la jornada de 8 horas, calculamos que el tiempo productivo disponible por operario al año:

$$\text{Tiempo Disponible} = 191 \times 8 \times 60 \times 0.8 \times 0.34 = 24,936.96 \text{ min}$$

Después de medir los tiempos de producción de cada proceso y calcular el tiempo disponible para la producción, calculamos el *takt time* para cada familia para así poder comprender el ritmo al que debería ir la producción y así identificar donde se encuentra el cuello de botella. Esta métrica se calcula dividiendo el tiempo total de producción disponible para la demanda por familia, se obtuvieron los siguientes valores:

Familia	Takt Time (s)
Líquidos	132.40
Polvos	85.16
Sólidos	75.87

Tabla 4: Takt Time

Esta métrica indica el ritmo de producción necesario para satisfacer la demanda. Al graficar los tiempos de los tres procesos de cada familia, así como la línea que representa el

valor del *takt time*, pudimos identificar como cuello de botella aquel proceso cuyo tiempo se encuentra por encima de la línea del *takt time*. El desglose de los tiempos de cada familia se encuentra en los Anexos F, G y H y los cuellos de botella se detallan en los Anexos I, J y K.

## **ANALIZAR:**

Con los resultados de estas métricas, es fundamental analizar los datos levantados para identificar los limitantes o cuellos de botella dentro de la producción y así proponer soluciones que aumenten directamente la productividad de la empresa, reduzcan costos y mejoren el margen de ganancia de estas familias de productos. Como parte del análisis, se aplicó el enfoque *Gemba*, al visitar el lugar donde se lleva a cabo el proceso de producción para así observar las actividades, interactuar con el personal involucrado y analizar cada etapa en tiempo real. Este enfoque nos permitió identificar oportunidades clave de mejora, las cuales nos permitieron definir y priorizar acciones específicas para implementar mejoras que optimicen la eficiencia del proceso.

## DIAGRAMAS DE ESPAGUETI

Durante el *Gemba* se notó los movimientos repetitivos durante la producción por lo que se crearon *diagramas de espagueti* para identificar si existe desperdicio relacionado al transporte y movimientos en cada proceso. Un *diagrama de espagueti* representa visualmente el flujo continuo de un objeto o actividad a través de un proceso trazando su recorrido con una línea. Esta herramienta es útil, ya que ayuda a identificar ineficiencias y necesidades en el área de producción, como oportunidades de ahorro de espacio, mejora de la organización o cambios necesarios (Naqib et al., 2021). Con los diagramas se pudo evidenciar visualmente como eran esto movimientos y así poder analizar posibles mejoras.

En los Anexos L a Q se presentan los diagramas antes y después de implementar las mejoras que nos permitieron reducir el tiempo de la recolección de herramientas y materia prima. Estos diagramas demostraron movimientos frecuentes en los que los operarios se desplazan desde el área de producción hasta los estantes de materia prima o contenedores, lo que provoca demoras y frena el flujo de producción. En la siguiente tabla, podemos ver el tiempo que tomó antes y después de las mejoras que explicaremos a continuación. Podemos ver que el tiempo se redujo significativamente.

<b>Familia</b>	<b>Antes (s)</b>	<b>Ahora (s)</b>
Líquidos	161	124
Sólidos	184	138
Polvos	174	118

*Tabla 5: Tiempos de transporte – Diagramas de Espaguetti*

Calculando el tiempo perdido en estos 16 SKUs, se llega a la conclusión de que la empresa puede ahorrar hasta 1 hora y 23 minutos al mes y al año 16 horas y 30 minutos.

## CARTAS DE CONTROL

La carta de control I-MR consisten en dos gráficos, el gráfico promedio para controlar la cantidad de cambio del valor objetivo y un gráfico de rango móvil para determinar la cantidad de dispersión. Estos gráficos de control se utilizan para subgrupos de una sola medición numérica. El gráfico I se utiliza para monitorear el nivel de proceso y el gráfico MR se utiliza para monitorear la variabilidad a corto plazo. (Abdulrasool, 2019).

En los Anexos R a T se muestran los gráficos de control I-MR de los tiempos medidos para cada familia. Primero, analizamos los gráficos de rango móvil (gráfico MR) en los que pudimos observar que las tres familias están bajo control, lo que significa que los límites son aceptables. Luego, analizamos el gráfico de valores individuales (gráfico I), donde observamos

que no hay puntos fuera de los límites. Sin embargo, si existen picos que ocurren debido a la variabilidad del operador al realizar diferentes procesos y se busca reducirlos tras las propuestas de implementación. Es importante mencionar que las gráficas de control se realizaron con los tiempos totales que tarda en realizarse cada unidad por familia, sin embargo, sería útil medir y graficar los tiempos desglosando los pasos del proceso.

### DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Al entender el proceso paso a paso, se puede determinar las causas del problema de la Empresa X en el proceso de producción de estas familias. Después de observar las actividades que realizan los operarios, concluimos que el problema principal son los retrasos (desperdicios) durante la producción que incluyen demoras en el transporte, movimientos, limpieza y preparación de materiales que conducen a tiempos de producción más largos. Para analizar las causas raíz del problema creamos un diagrama de Ishikawa para cada desperdicio, que considera los tres procesos de fabricación. Estos se encuentran en los Anexos U y V.

Con estos diagramas concluimos que el tiempo de transporte dentro del área de producción supera el necesario debido a la falta de organización que existe dentro del proceso. Esto genera pérdida de tiempo ya que se realizan paradas no planificadas debido a que los operarios no pueden localizar fácilmente las herramientas necesarias. De igual manera, las herramientas con las que trabajan los operadores no están en buenas condiciones lo que hace que existan demoras en el envasado. Es evidente que los procesos y organización de materiales dentro del área de producción de la Empresa X no están estandarizados.

### ANÁLISIS DE DESPERDICIOS

Anteriormente se calculó el tiempo necesario para producir cada unidad de cada una de las familias. Con esta información calculamos ahora el tiempo teórico necesario para producir 50 unidades de líquidos, 30 de polvos y 50 de sólidos (según la cantidad mensual que se produce normalmente). En la siguiente tabla se muestran los tiempos de cada familia:

<b>Familias</b>	Tiempo teórico	Tiempo real	Unidades producidas
<b>Líquidos</b>	4.5 horas	6.4 horas	50
<b>Polvos</b>	1.5 horas	2 horas	30
<b>Sólidos</b>	2.5 horas	3.2 horas	50

*Tabla 6: Comparación de tiempos*

Existe un desfase entre los tiempos que se toman los operarios en la producción total (tiempo real) y en la producción que realmente genera valor (tiempo teórico) y esto se explica por diferentes factores explicados anteriormente, incluso en el diagrama de Ishikawa (Anexos U y V). Tomando en cuenta la cantidad total de unidades producidas al año que tienen el proceso de estas familias, esto significa que el 13.70% del tiempo se pierde en actividades que no agregan valor y existen oportunidades de mejora para reducir este tiempo.

## ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD LABORAL

Identificamos que los 16 SKUs que están siendo analizados representan el 13.17% del tiempo total de producción para el año 2024. En base al plan de producción de la Empresa X y los tiempos de producción para cada producto, se estima que producir la cantidad planificada de estos SKUs requiere al menos de 16,801 minutos. No obstante, el tiempo total disponible para los 3 operadores en un año es de 74,810.88 minutos, de los cuales solo 9,855 minutos se asignan a estos productos, equivalente al 13.17%. Esto implica que solo se podrá cumplir con el 58.65% del plan de producción anual para estos SKUs, evidenciando una limitación en la capacidad operativa asignada.

## IMPLEMENTAR:

Tomando en cuenta las razones por las cuales los operarios presentan retrasos en los procesos productivos como movimientos repetitivos y pausas durante la producción y tomando en consideración que cada minuto cuenta al realizar actividades que generan valor y las que no, propusimos implementar una mezcla de herramientas entre *Kaizen*, *Mieruka* y *5S*.

### KAIZEN, MIERUKA Y 5S

*Kaizen* proviene de una palabra japonesa que significa mejora continua, generando un impacto en todas las áreas. Promueve una cultura de mejoras que se alinea con los objetivos de la empresa y las expectativas del cliente (Enrique et al., 2023). *Mieruka* es una palabra de la metodología *Lean* que significa “*hacer visual*” y nos permite de un solo vistazo conocer el estado de los procesos y tener una mayor comunicación y fluidez. Por otro lado, el método *5S* es una herramienta estructurada para implementar la estandarización y la organización, simplifica el ambiente del lugar de trabajo, reduce pérdidas y actividades innecesarias y mejora la eficiencia y seguridad de la calidad (Boca, 2015). Estas herramientas comparten ciertas similitudes que facilitan la implementación de mejoras buscando tener un proceso de fabricación organizado, que sea efectivo y lógico, y que continúe mejorando con el tiempo.

Considerando estos métodos, buscamos la implementación de ellos aplicando la mejora continua y el orden para reducir el impacto de las actividades que no agregan valor mencionadas previamente. Como primer paso, era importante que los operarios comprendan estos términos para que puedan familiarizarse y puedan participar en la implementación.

Antes de realizar las implementaciones se realizó una auditoría a los operadores mediante encuestas para conocer cómo se encontraban las *5s* en ese momento. El objetivo fue

medir el nivel actual de las mismas y encontrar oportunidades de mejora según la perspectiva de los operadores que son los expertos y los más cercanos al área de producción. Según Flores et al., realizar una auditoría puede ayudarnos a comprender y controlar los problemas actuales relacionados con el orden y la limpieza. Así, implementaremos estándares de orden, selección, limpieza, clasificación y seguimiento que reducirán el tiempo de búsqueda de materiales y procesos en un gran porcentaje reduciendo así el desperdicio. (2022). En el Anexo AF se muestran los cuestionarios elaborados para los operadores con los que se calculará un puntaje y se determinará el desempeño real de la Empresa X. Las preguntas y el cálculo del puntaje se basan en un artículo (Flores et al., 2022). El puntaje se encuentra especificado en el Anexo AG. En un inicio, los tres operadores respondieron a las encuestas y se tuvo un promedio en la puntuación de 78%, puntaje que se encuentra dentro del rango de “Bueno”, el cual se muestra en el Anexo AH.

Dado esto se inició la implementación de las 5s como base para las siguientes mejoras.

En la siguiente tabla se detalla un plan para ello:

<b>5s</b>	<b>Acciones</b>
Sort (Clasificar)	-Eliminar cables, contenedores, cajas y herramientas del pasillo del almacén para evitar congestiones, duplicar trabajo y ganar espacio. -Eliminar elementos innecesarios y considerar reubicar herramientas y estaciones de trabajo clave para mejorar la eficiencia.
Set in order (Ordenar)	-Organizar herramientas, materiales y estaciones de trabajo según su frecuencia de uso y relaciones funcionales, asegurando una colocación lógica. -Analizar el diseño de distribución, mediante el mapeo de actividades, materiales, transporte y equipos. -Evaluar el flujo de materiales y personas para identificar cuellos de botella, tiempos muertos o movimientos/transportes innecesarios.
Shine: Keep the area clean (Limpiar)	-Mantener una rutina de limpieza y mantenimiento regular. Utilizar productos de limpieza en el área de producción. Durante la limpieza de puestos y áreas de trabajo identificar dónde se produce suciedad e identificar obstáculos que afecten el traslado de los operarios entre áreas.
Standardize: Create	-Un cronograma para la calibración regular de las balanzas para garantizar la precisión.

standards to maintain order (Estandarizar)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Instrucciones para limpiar regularmente las áreas de pesaje y las herramientas utilizadas para evitar la contaminación cruzada y garantizar un entorno de trabajo limpio.</li> <li>-Asegurarse de que todos los empleados estén capacitados en cómo usar correctamente las básculas y cómo manipular contenedores grandes para minimizar derrames o desperdicios.</li> <li>-Crear un sistema de control para rastrear cuánta materia prima entra en producción, cuántos kilos se pesan y cuántas fundas terminadas hay, asegurando un estricto control de inventario.</li> <li>-Documentar y estandarizar la disposición física de herramientas, equipos y estaciones de trabajo.</li> <li>-Utilizar diagramas y mapas visuales para garantizar que todos comprendan el diseño óptimo.</li> </ul>
Sustain: Encourage discipline (Sostener)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Todos los empleados deben estar capacitados y ser conscientes de la importancia de seguir las 5S.</li> <li>-Cada área o equipo de trabajo debe tener responsables designados encargados de supervisar que las 5S se apliquen correctamente. Esto facilita el seguimiento y el mantenimiento del orden.</li> <li>-Motivar a los operarios para que aporten ideas para la mejora continua.</li> </ul>

*Tabla 7: 5s Acciones*

Con un plan *Kaizen*, *Mieruka* y *5S*, se implementaron varios cambios para mejorar el área de producción. Se observó que los operadores utilizaban una receta escrita a mano para elaborar los productos líquidos. Esta receta presentaba manchas, ocultando las medidas necesarias de cada ingrediente y comprometiendo la calidad del producto. Por ello, se elaboraron tarjetas de *Procedimientos Operativos Estándar (POE)* (Anexo W y X) con los ingredientes de cada producto a mezclar, se plastificaron y se almacenaron en un área designada. De esta forma, los operadores, tanto actuales como nuevos, podrán tomar la tarjeta necesaria, utilizar un marcador y emplearlas como lista de verificación y como un procedimiento estándar a seguir.

Otro problema identificado fue la falta de organización y orden en la bodega, lo que afectaba el flujo de los procesos. Los operarios dejaban instrumentos, como la balanza y la pala, en diferentes lugares lo que dificultaba que otros operarios, e incluso ellos mismos, los encontraran cuando los necesitaban en otras estaciones. Como se evidenció en los *diagramas*

*de espagueti*, había movimientos de transporte extra cuando un operario regresaba a una estación y volvía a buscar otro instrumento. Por ello, se sugirió a la gerente de operaciones la compra de un nuevo estante abierto al que se le colocaron etiquetas. Gracias a esta mejora, los operarios sabían siempre dónde dejar los instrumentos después de usarlos y dónde encontrarlos fácilmente. El antes y después de esta mejora en términos de orden y organización se documenta en los Anexos Y y Z.

Adicionalmente, se compró una nueva pizarra y se colocaron etiquetas con imanes que indicaban los estados de los pedidos: “Por Hacer”, “En Curso” y “Hecho”. Esto permitió organizar y dar seguimiento al estado de la producción de productos, facilitando que los operarios pudieran visualizar la situación actual de producción. Una vez instalada la pizarra y los imanes, llevamos a cabo una conversación con los operarios, quienes solicitaron imanes adicionales con las palabras “Pedido”, “En Proceso” y “Listo” para incluir las fechas y clasificar los pedidos nuevos, en curso y completos de cada cliente. La pizarra y su diseño final se muestran en el Anexo AA.

#### PROTOTIPOS: HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN POR KG

El tiempo de producción de polvos y sólidos se veía afectado negativamente por el uso de palas incapaces de medir la cantidad exacta de producto necesario para el envasado. El concepto de *Poka-Yoke* se refiere al uso de un mecanismo que evita errores en el proceso de producción, asegurando que las tareas se realicen correctamente desde el inicio sin necesidad de intervención o corrección posterior (Vizhalil, 2023). Es por esto que creamos nuevas herramientas de medición que miden el peso requerido, en función del volumen del producto, con el objetivo de optimizar el tiempo que los operarios dedican al envasado, así como reducir el error humano. Las herramientas se detallan en los Anexos AB y AC.

Ambos prototipos fueron diseñados utilizando *Autodesk Inventor* e impresos en PLA+ 3D, ajustándose a las dimensiones y características de los SKUs. Después de medir los nuevos tiempos en el proceso de envasado con las herramientas, se realizó una prueba estadística para comparar si ambos prototipos son estadísticamente diferentes. Como resultado, con un nivel de confianza del 95% rechazamos la hipótesis nula y se concluye que si existe una diferencia en los tiempos medidos entre los prototipos. El prototipo 1 reduce un 20.3% en el tiempo utilizado para el envasado, mientras que el prototipo 2 reduce el tiempo en un 32.4%, siendo este el mejor prototipo en cuanto a reducción de tiempo y el favorito de los operarios debido a su fácil uso y manejo.

#### FUTURAS IMPLEMENTACIONES

Otra propuesta de mejora para reducir el tiempo del proceso de envasado por unidad es comprar una máquina de fraccionamiento automático la cual tiene un costo de entre \$400 y \$600, sin incluir costos de importación. Esta máquina permite reducir el tiempo de dosificación en un 94% ya que envasa 25 bolsas por minuto. La empresa está interesada en adquirir esta máquina el siguiente año.

Otra posible mejora fue cambiar el *layout* del área de producción. Según el análisis del *diagrama de espagueti*, se identificaron pérdidas de tiempo debido al transporte, movimiento y repeticiones realizadas por los operarios. Aunque los cambios mencionados anteriormente redujeron significativamente los tiempos, también se analizó que una reorganización del área de materia prima, envase y producción podría optimizar aún más el proceso. Sin embargo, debido a los altos costos asociados y al tratarse del último trimestre del año, no se realizó el cambio en el *layout*, sino que se lo evaluó mediante una simulación.

Para analizar un posible nuevo *layout*, se utilizó el método *CRAFT*, este tiene como objetivo analizar las distancias y flujos entre áreas para encontrar la distribución que optimice espacio, minimice costos y aumente la eficiencia dentro del área (Modrovský, 2019). Lo que hace es intercambiar áreas para así encontrar la que cumpla con los objetivos mencionados. Además, este método es útil en el caso de la Empresa X ya que la bodega solo tiene un área de  $600\text{ m}^2$ . Ante esto se realizó un análisis entre las seis áreas que se encuentran en la bodega de producción, tomando en cuenta sus distancias, así como los flujos entre las mismas. En este último se tomó en cuenta la unidad de pallets anualmente que se movilizan en la producción de las tres familias que se analizan en este proyecto. Para calcular el costo de este *layout* se multiplicaron las matrices de distancia y flujos (desde-hacia) para obtener un valor \$16,017. En el Anexo AD se puede ver cómo se encuentra el *layout* actual y sus respectivas matrices.

Una vez analizado el *layout* inicial, se realizaron distintos escenarios en donde se cambiaron las distribuciones. Al cambiar las áreas 1-5 y 5-4, se minimizaban las distancias, así como el costo. Es por esto que para el *layout* propuesto se tomó en cuenta esto para así colocar el área 5 cerca de la 1 y el área 4 cerca de estas dos. Con estos cambios, este nuevo *layout* (Anexo AE) tiene un costo de \$11,941, representando un ahorro de \$4,075 en costos de transporte dentro de la bodega de producción.

Al no poder implementar este nuevo *layout*, se realizó una simulación para ver como estos cambios influyen en los tiempos de producción. Con esto se pudo ver que hay una reducción significativa en los tiempos de las tres familias debido a que las distancias son más cortas. En la siguiente tabla se pueden ver las diferencias en los tiempos:

<b>Familia</b>	<b>Layout Actual (min)</b>	<b>Layout Propuesto (min)</b>
<b>Líquidos</b>	5.50	4.55
<b>Polvos</b>	3.45	2.58

<b>Sólidos</b>	3.20	2.44
----------------	------	------

*Tabla 8: Comparación de layouts en ahorro de tiempo*

Después de todas las implementaciones se realizó nuevamente la encuesta a cada operario sobre las 5s, donde los resultados de la encuesta de auditoría aumentaron. Los resultados se muestran en el Anexo AI donde se puede observar que la puntuación aumentó de 78% a 87%, siendo ahora la clasificación, orden, limpieza, estándares y seguimiento acciones con un nivel sobresaliente desde el punto de vista de los operarios.

## **CONTROLAR:**

Una vez implementadas las mejoras, se propone continuar con un monitoreo continuo de los procesos productivos, para continuar con la aplicación de la mejora continua y organización dentro de la empresa. Se dará seguimiento al margen de ganancia y a los tiempos de producción de las tres familias analizadas, para así analizar la efectividad de las mejoras implementadas. Este seguimiento se hará con la implementación de la aplicación “Clockify”, la cual sirve para que los operadores desde un dispositivo móvil tomen el tiempo que les tomo completar la producción y estos datos se envían a la parte administrativa para así tener un mejor control del tiempo.

Además, se evaluará el impacto de las nuevas implementaciones en otros indicadores clave de desempeño (KPIs) que se manejan en la Empresa X, identificando posibles efectos u oportunidades de mejora. Como parte del plan, se han desarrollado planes de acción de respuesta rápida para que la empresa reaccione eficientemente en caso de que existan nuevamente desviaciones en los tiempos de producción o márgenes de ganancia, que aumenten los desperdicios y pérdidas. Al tener estas nuevas implementaciones es importante que en un

inicio se tenga un control diario o semanal hasta que se vuelva una costumbre para los operadores ya que se quiere que estas mejoras se mantengan a largo plazo para analizar su impacto y que no vuelvan a surgir problemas.

De igual manera, dado el uso de herramientas Lean como *Kaizen*, *5S* y *Mieruka*, es importante realizar un seguimiento de su implementación, para evaluar cómo pueden implementarse en otras áreas de la empresa. Se van a establecer reuniones periódicas para discutir posibles cambios o mejoras, considerando las opiniones de los operadores y ofreciendo retroalimentación sobre cómo las iniciativas han influido en su productividad. También se utilizarán otras encuestas objetivas para recopilar sus comentarios y percepciones.

En cuanto a las propuestas de mejora, es esencial hablar con la empresa sobre su viabilidad y, de ser aceptadas, ofrecer una guía durante su implementación, tal como se realizó con las otras herramientas mencionadas. De este modo se asegurará que las nuevas iniciativas se integren de manera efectiva y contribuyan al crecimiento de la Empresa X.

## **RESULTADOS**

Los resultados tras la implementación de la metodología *Lean Six Sigma* en la Empresa X han sido significativos en términos de reducción de desperdicios de tiempo, movimiento y transporte. Al analizar los SKU de las tres familias se identificaron ineficiencias como tiempos de producción largos, movimientos innecesarios y retrasos en el transporte de materiales. Herramientas como *diagramas de espagueti*, *diagramas de Ishikawa* y una simulación nos ayudaron a visualizar los puntos críticos en donde se desperdiciaban tiempo y recursos. Como resultado inicial se concluyó que alrededor del 13.7% del tiempo de producción anual se gastó en actividades que no agregaban valor.

Ante estos hallazgos se implementó cambios en la organización del área de producción, incluyendo la aplicación de la metodología 5S y la estandarización de áreas de trabajo, la creación de nuevas herramientas de medición y de visualización. Estas acciones mejoraron la eficiencia operativa y liberaron capacidad para incrementar la producción de productos con mayores márgenes de utilidad. Considerando de igual manera la implementación de tarjetas de *Procedimiento Estandarizado (SOP)* y la reorganización del almacenamiento de materiales se logró una mayor agilidad en la producción reduciendo el tiempo de producción anual de 16,801 minutos a 13,999 minutos, lo que representa un ahorro de tiempo del 16.68%. Hasta la fecha, esta mejora, sumada al análisis del costo unitario por SKU, ha permitido a la empresa incrementar su productividad y aumentar el margen de ganancia ponderado en las tres familias en un 8.35%, equivalente a una optimización de costos de \$5,852.97. Además, se proyecta que, con la implementación de un nuevo diseño de planta, el margen de ganancia podría incrementarse en un 6.13% adicional, potenciando aún más la eficiencia operativa. El alcance de este proyecto se limita al análisis del 13.17% de la producción total de la empresa, correspondiente a 16 SKUs. Aunque los resultados obtenidos han mostrado mejoras significativas en la eficiencia y rentabilidad, este alcance limitado implica que existe la posibilidad de incrementar el impacto si se extiende el análisis a toda la producción. Evaluar los procesos de los SKUs restantes podría no solo ampliar las oportunidades de reducción de desperdicios, sino también optimizar aún más los márgenes de ganancia de la empresa, contribuyendo a un ahorro estimado de hasta \$120,000 anuales si se aplican las mismas mejoras a gran escala.

## DISCUSIÓN

Dentro del análisis de los estudios descritos en la revisión literaria y el realizado en la Empresa X en este proyecto, se puede afirmar un impacto positivo de las herramientas *Lean Six Sigma* y optimización del diseño de *layout* para la mejora de los procesos productivos. La Empresa X presenta una reducción del tiempo de producción de 16.68% y un aumento del margen de ganancia ponderado en 8.35%, lo que se asemeja a resultados en otros sectores industriales utilizando esta metodología.

En el caso de la empresa de aerosoles (Kholli, 2022) se tuvo una reducción del 5.65% en el tiempo de ciclo, lo que demuestra la efectividad de las herramientas de Lean Six Sigma donde la mejora de la eficiencia operativa es crucial. Sin embargo, la mejora porcentual obtenida en la Empresa X es mayor, lo que puede atribuirse a la combinación de las herramientas Lean y rediseño del layout.

Por otro lado, el caso de la empresa de jugos (Kharub et al., 2022) muestra una reducción del 50% en los desperdicios mediante el uso de DMAIC y el mapeo de flujos, logrando un aumento en las ganancias de hasta un 17%. La Empresa X, gracias a sus diferentes implementaciones, logró un aumento del margen de ganancia del 8.35%. Esto demuestra que el impacto de las mejoras depende del enfoque adoptado por cada empresa y proyecto.

Finalmente, la empresa de alimentos (Flores Perez et al., 2023) muestra una reducción significativa en tiempos perdidos de 90 minutos a 18.9 minutos, lo que significa un ahorro económico de \$3,591.28. En comparación, los resultados en la Empresa X muestran un ahorro económico de \$5,852.97 y un ahorro de 16.68% en tiempo. Así, el estudio de la Empresa X destaca el uso de las herramientas LSS y la importancia de adaptar las metodologías a las

necesidades de cada proceso. La combinación de estrategias puede maximizar los beneficios, el tiempo y la rentabilidad.

## CONCLUSIONES

Se cumplió con el objetivo de reducir el impacto de actividades que no generan valor ya que se redujo el tiempo de estas, se aumentó a su vez la eficiencia de producción de los productos analizados y, por lo tanto, el margen de ganancia aumentó. Al implementar las mejoras propuestas, los trabajadores podrán realizar el proceso productivo de estas tres familias en un menor tiempo, reduciendo así el tiempo de ciclo del proceso y liberando tiempo disponible para dedicarlo a la producción de otros productos.

La importancia de este proyecto radica en la aplicación efectiva de metodologías y herramientas, DMAIC y Lean Six Sigma para alcanzar los objetivos establecidos. Además, se cumplió con el objetivo de reducir desperdicios y aumentar la rentabilidad, logrando un ahorro en el tiempo significativo en las actividades no productivas, lo que se traduce en un aumento del margen de ganancia ponderado en un 8.35%, tomando en cuenta solo las tres familias analizadas, lo que implica que los costos productivos ahora son distribuidos de mejor manera y que se lograron disminuir esos tiempos que afectaban al margen y por ende se pudo disminuir las pérdidas dentro de las tres familias estudiadas. Finalmente, dentro de nuestras principales limitaciones se tuvo la medición de datos de productos con baja producción anual ya que nuestro análisis fue del 13.17% de la producción total de la Empresa X. Sin embargo, cabe recalcar que ante el ahorro de más de \$5000 que se obtuvo, se puede incrementar mucho más ya que el impacto a gran escala de toda la empresa es grande y representaría un ahorro de \$120,000 anuales.

## SIGUIENTES PASOS

La implementación de *Lean Six Sigma* para reducir los desperdicios en los procesos productivos ha demostrado ser eficaz para reducir los costos operativos y, en consecuencia, aumentar la rentabilidad de la empresa. Este enfoque ha permitido identificar y reducir ineficiencias en tres de las familias de productos, mostrando claras mejoras en la productividad y el desempeño financiero.

Dado el éxito alcanzado hasta ahora con estas familias de productos, se recomienda extender el análisis e implementación de *Lean Six Sigma* al resto de líneas de productos para tener un mayor impacto. Esto nos permitirá descubrir oportunidades adicionales para reducir desperdicios y aumentar la rentabilidad en cada una de ellas.

Como mencionan otros autores y experimentos, es muy recomendable utilizar *Lean Six Sigma* para tener una mayor calidad, reducir desperdicios, encontrar cuellos de botella y hacer correcciones que puedan ayudar al flujo a través de los diferentes procesos de una empresa. También es crucial sumergirse en el entorno y conocer el proceso para encontrar posibles mejoras y saber qué herramientas *Lean* utilizar. Para un siguiente paso se recomienda realizar el análisis de los costos de la empresa fuera del área de producción, por ejemplo, en logística y proveedores.

## REFERENCIAS

- Abdulrasool, A., Alkhafaji, A., Rasool, A. A., & Al-Kafaji, A. (2019). A Proposed Methodology for Reducing Cost and Time When Transforming to a (I-MR) Chart and Design Worker Control Chart. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 14(9), 3063–3071. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2019.3063.3071>
- Assis de Souza, T., Alcântara Pinto, G., Rodrigues Antunes, L. G., & Grützmann, A. (2023). SIPOC-OI: a proposal for open innovation in supply chains. In *Innovation and Management Review* (Vol. 20, Issue 1, pp. 76–93). Emerald Publishing. <https://doi.org/10.1108/INMR-12-2020-0182>
- Basu, R. (2004). Six-Sigma to operational excellence: role of tools and techniques. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 1(1). <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2004.005277>
- Blaz Kos. (2020). 7 Wastes of lean – How to eliminate all non-value-added activities? <https://www.spica.com/blog/7-wastes-of-lean#3-motion---all-movement-of-equipment-not-done-in-the-easiest-possible-way>.
- Boca, G. (2015). 5s In Quality Management. *Business, Engineering, Environmental Science*. <https://www.semanticscholar.org/paper/5s-In-Quality-Management-Boca/c8d67a915d302e255d6c808085baa320746ffbb0>
- Daneshjo, N., Rudy, V., Malega, P., & Krnáčová, P. (2021a). Application of Spaghetti Diagram in Layout Evaluation Process: A Case Study. *TEM Journal*, 10(2), 573–582. <https://doi.org/10.18421/TEM102-12>
- Daneshjo, N., Rudy, V., Malega, P., & Krnáčová, P. (2021b). Application of Spaghetti Diagram in Layout Evaluation Process: A Case Study. *TEM Journal*, 10(2), 573–582. <https://doi.org/10.18421/TEM102-12>
- Dumitrescu, C., & Dumitrache, M. (n.d.). *The Impact of Lean Six Sigma on the Overall Results of Companies*.
- Hill, J., Thomas, A. J., Mason-Jones, R. K., & El-Kateb, S. (2018). The implementation of a Lean Six Sigma framework to enhance operational performance in an MRO facility. *Production & Manufacturing Research*, 6(1), 26–48. <https://doi.org/10.1080/21693277.2017.1417179>
- Kharub, M., Ruchitha, B., Hariharan, S., & Shanmukha Vamsi, N. (2022). Profit enhancement for small, medium scale enterprises using Lean Six Sigma. *Materials Today: Proceedings*, 56, 2591–2595. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.09.159>
- Kholil, M. (2022). Design of Lean Six Sigma to Reduce Waste in Aerophile Line Production Processes in The Chemical Industry Using DMAIC And VSM Approach. *International Journal Of Scientific Advances*, 3(2). <https://doi.org/10.51542/ijscia.v3i2.17>
- Leah Gourley. (2020). The 7 Wastes of Lean Production. *PTC Digital Transforms Physical*.

- Lenth, R. V. (2001). Some Practical Guidelines for Effective Sample Size Determination. *The American Statistician*, 55(3), 187–193. <https://doi.org/10.1198/000313001317098149>
- Liker, J. K. (n.d.). *La clave del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*.
- Mathew Paul Vizhalil. (2023a). ENHANCING QUALITY AND EFFICIENCY: THE POWER OF POKA-YOKE. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*, 242–243. <https://doi.org/10.36713/epra13623>
- Mathew Paul Vizhalil. (2023b). ENHANCING QUALITY AND EFFICIENCY: THE POWER OF POKA-YOKE. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*, 242–243. <https://doi.org/10.36713/epra13623>
- Mittal, A., Gupta, P., Kumar, V., Al Owad, A., Mahlawat, S., & Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, 9(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14625>
- Ortiz-Porras, J. E., Bancovich-Erquínigo, A. M., Candia-Chávez, T. C., Huayanay-Palma, L. M., Moore-Torres, R. K., & Gomez, O. R. T. (2023). Green Lean Six Sigma Model for Waste Reduction of Raw Material in a Nectar Manufacturing Company of Lima, Peru. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 16(2), 169–185. <https://doi.org/10.3926/jiem.4916>
- Qurashi, M. E., & Elhafian, M. H. (2023a). The Impact of Sample Size on the Probability Samples to Estimate the Total population Number. *Indian Journal Of Science And Technology*, 16(39), 3316–3324. <https://doi.org/10.17485/IJST/v16i39.303>
- Qurashi, M. E., & Elhafian, M. H. (2023b). The Impact of Sample Size on the Probability Samples to Estimate the Total population Number. *Indian Journal Of Science And Technology*, 16(39), 3316–3324. <https://doi.org/10.17485/IJST/v16i39.303>
- SK, P., & S, A. (2024a). Sample size estimation in research: Necessity or compromise? *Kerala Journal of Psychiatry*, 37(1). <https://doi.org/10.30834/KJP.37.1.2024.463>
- SK, P., & S, A. (2024b). Sample size estimation in research: Necessity or compromise? *Kerala Journal of Psychiatry*, 37(1). <https://doi.org/10.30834/KJP.37.1.2024.463>
- Srinivasan, K., Muthu, S., Devadasan, S. R., & Sugumaran, C. (2016). Six Sigma through DMAIC phases: A literature review. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 17(2), 236–257. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2016.074462>
- Stamatopoulos, C. (2019). A Holistic View of Finite Populations for Determining an Appropriate Sample Size. *Applied Science and Innovative Research*, 3(4), p219. <https://doi.org/10.22158/asir.v3n4p219>
- Tampubolon, S., & Purba, H. H. (2021). Lean six sigma implementation, a systematic literature review. In *International Journal of Production Management and Engineering*

(Vol. 9, Issue 2, pp. 125–139). Universidad Politecnica de Valencia.  
<https://doi.org/10.4995/IJPME.2021.14561>

*To DMAIC or Not to DMAIC? - ProQuest.* (2016, January).  
<https://www.proquest.com/docview/1762043854?parentSessionId=rYRle1DDeIyBnD5KLdL5OyC5fFyyNSC3xDbY80PSMss%3D&pq-origsite=primo&accountid=36555&sourcetype=Magazines>

Trimarjoko, A., Purba, H. H., & Nindiani, A. (2020). Consistency of dmaic phases implementation on six sigma method in manufacturing and service industry: A literature review. *Management and Production Engineering Review*, 11(4).  
<https://doi.org/10.24425/mper.2020.136118>

Tsung, F., & Wang, K. (2023). Six Sigma. In *Springer Handbooks*.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7503-2\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7503-2_13)

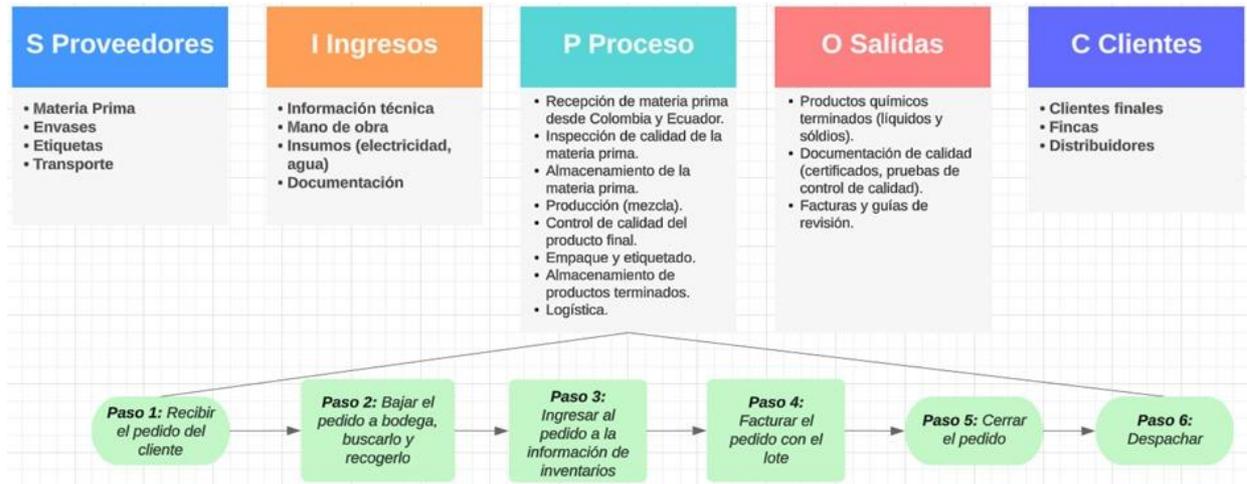
Wulandari, I. A. S., Ayuni, S. D., & Hudi, L. (2023). Implementation of SIPOC analysis as productivity improvement in tilapia aquaculture. *Community Empowerment*, 8(5), 740–746. <https://doi.org/10.31603/ce.8731>

## ANEXOS

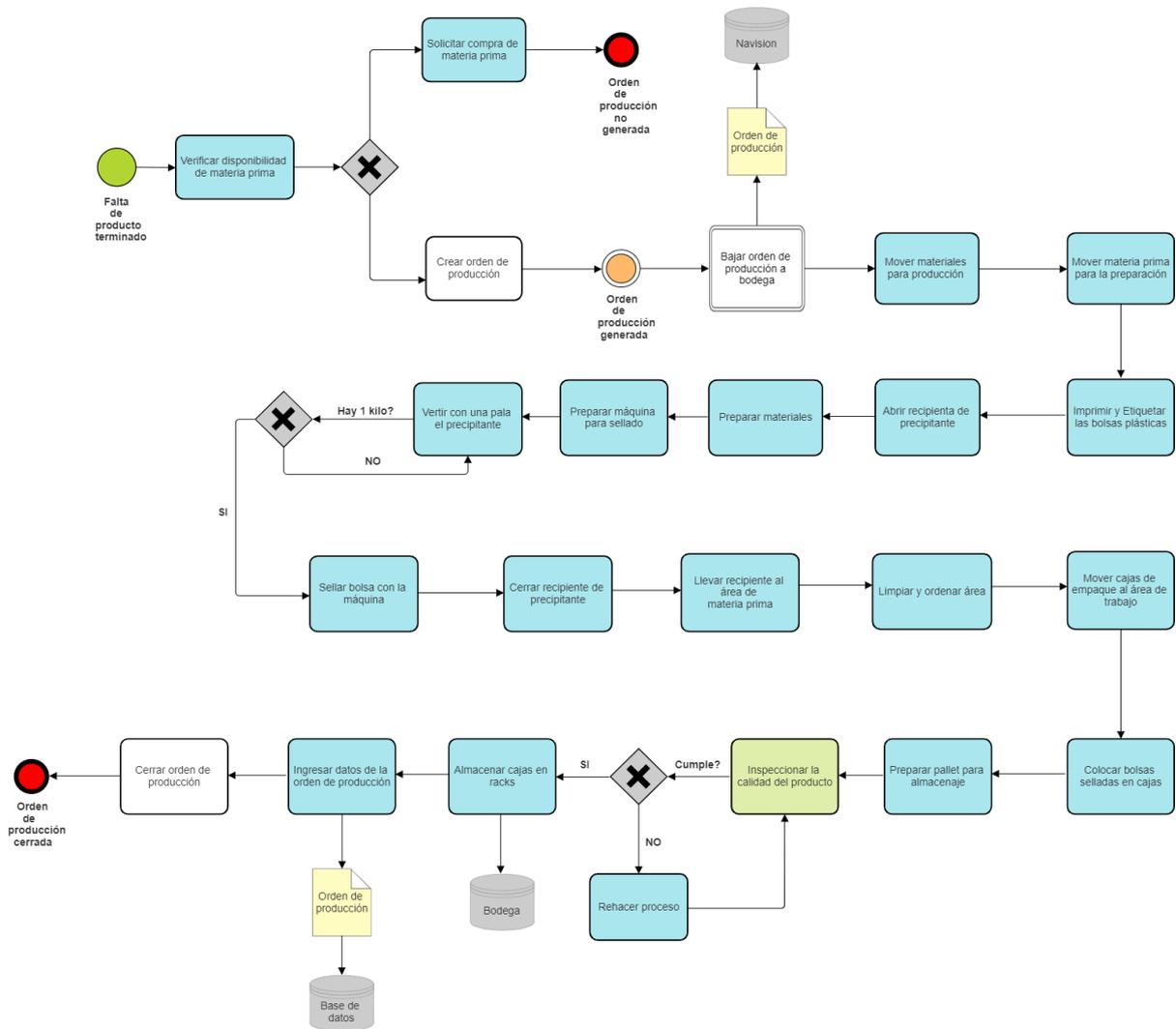
## Anexo A: Project Charter

Project Charter						
Reducción desperdicios en procesos de producción en la empresa Chrysal						
Problem Statement			Business Case & Benefits			
<p>Chrysal se ve afectado por un margen de ganancia (rentabilidad) bajo, dependiendo del producto analizado. Existen productos con margen de ganancia menor al 10% y otros que incluso generan pérdida. Esto se debe a los altos costos en los procesos de producción. Los costos dependen de los tiempos de producción, en los cuales se detecta desperdicios y oportunidades de mejora.</p>			<p>Es importante implementar la metodología DMAIC y herramientas lean Six Sigma para reducir los desperdicios y así poder implementar mejoras que permitan mejorar la rentabilidad de los productos y así traer beneficios a la empresa.</p>			
Goal Statement			Timeline			
<p>Reducir los diferentes tipos de desperdicios en los procesos de producción de la empresa Chrysal en Ecuador mediante la utilización de la metodología y herramientas de Lean Six Sigma con el fin de mejorar la calidad, el flujo de los procesos e incrementar el porcentaje de rentabilidad.</p>			<b>Phase</b>	<b>Planned Completion Date</b>		
			Define:	06-sep		
			Measure:	30-sep		
			Analyze:	05-oct		
			Improve:	18-oct		
			Control:	29-nov		
Scope - First/Last and In/Out			Team Members			
<b><u>In Scope:</u></b>	Producción, pronósticos		<b><u>Position</u></b>	<b><u>Person</u></b>	<b><u>Title</u></b>	<b><u>% of Time</u></b>
			Team Lead	Francisca Cevallos	Responsable del proyecto	100%
<b><u>Out of Scope:</u></b>	Logística, ventas, pronosticos, proveedores		Team Lead	Paula Mora	Responsable del proyecto	100%
			Team Lead	Anaía Cueva	Responsable del proyecto	100%

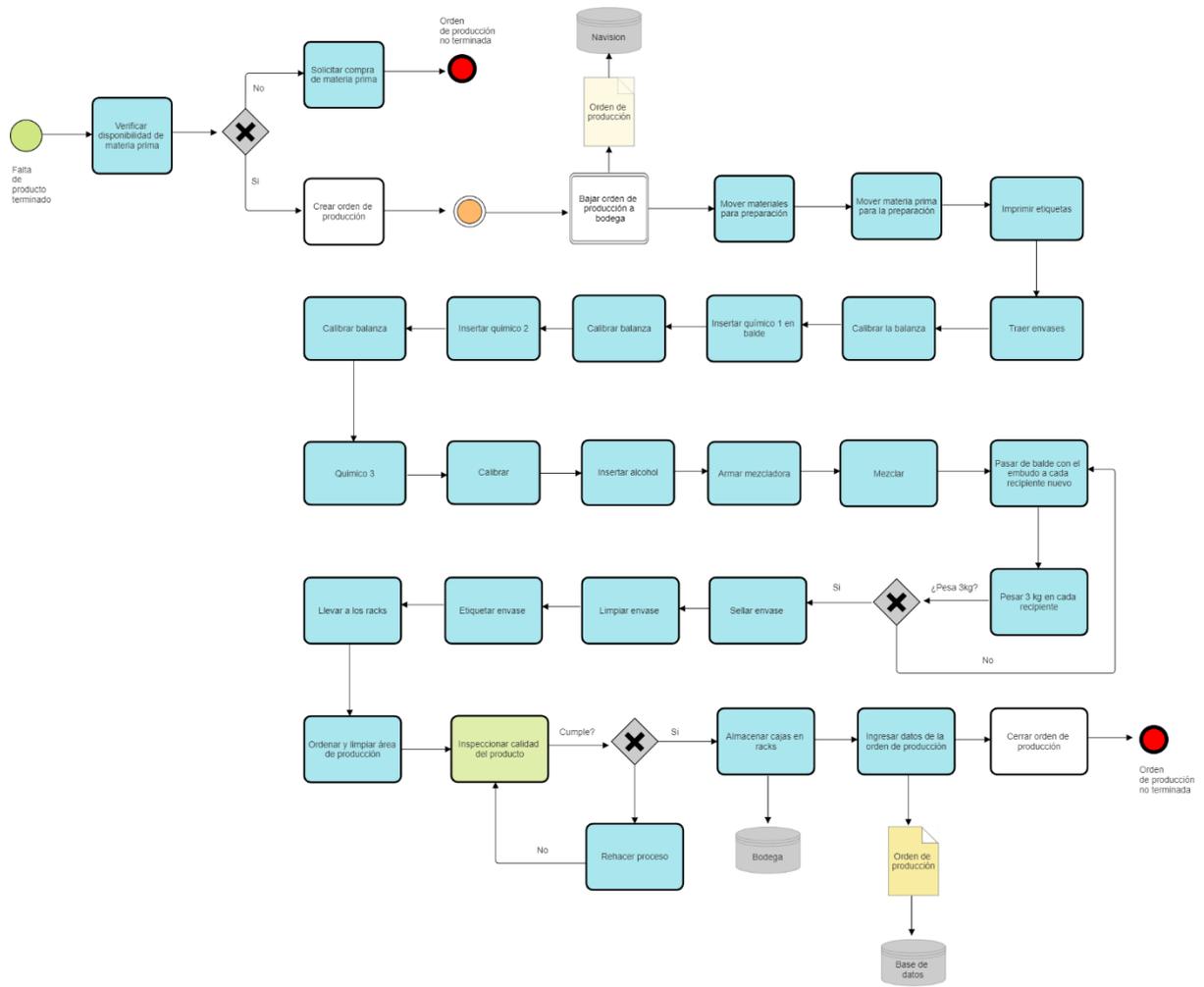
## Anexo B: Diagrama de SIPOC



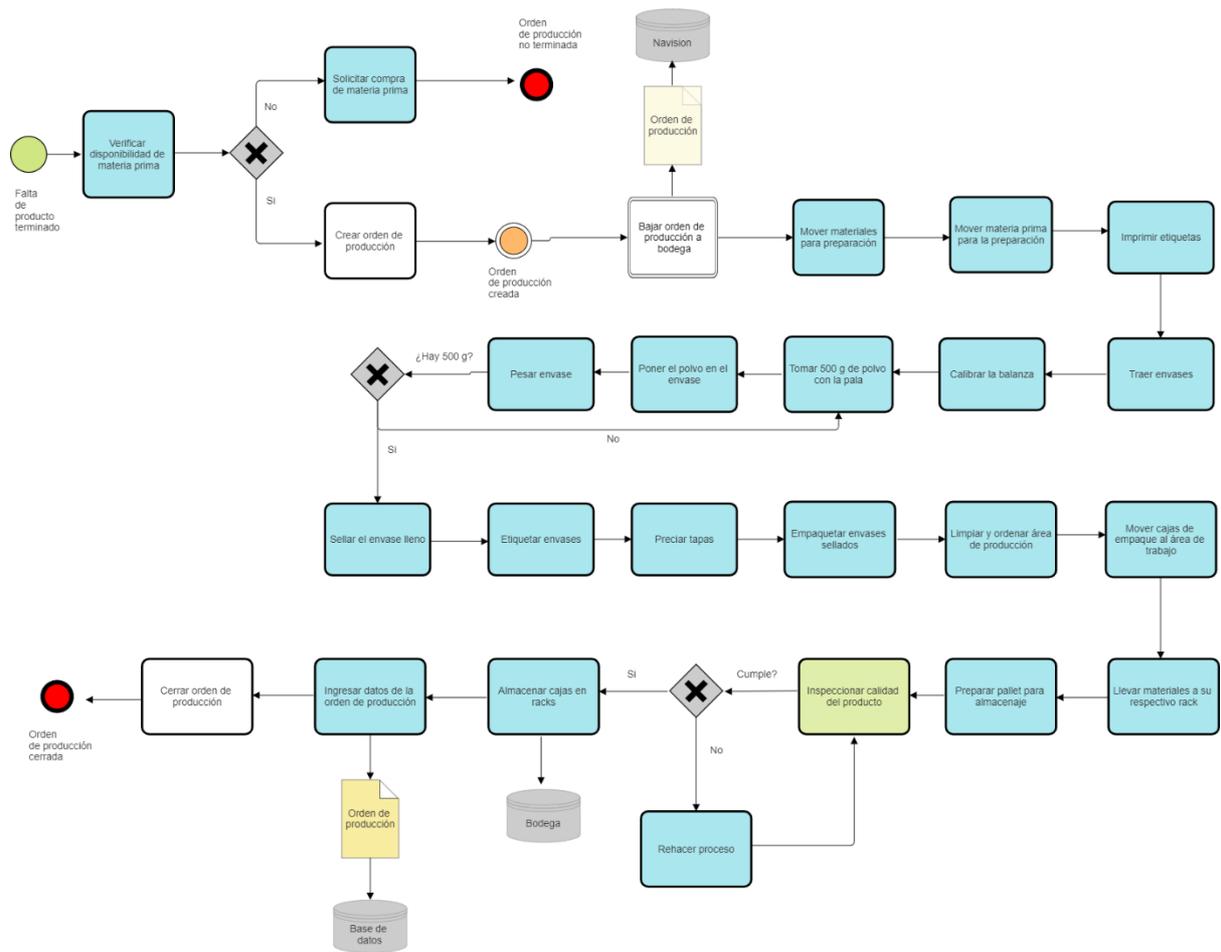
Anexo C: BPMN Familia de Polvos



### Anexo D: BPMN Familia Líquidos



Anexo E: BPMN Familia Sólidos



## Anexo F: Tiempos del proceso de la familia de líquidos

<b>FAMILIA 1</b>	<b>seg</b>
Recolectar Materiales	18,4
Añadir Químico 1	55,22
Añadir Químico 2	11,35
Añadir Químico 3	7,15
Añadir Alcohol	28,34
Mezclar	48,62
Envasar	60,95
Sellar	30,97
Etiquetar	26,86
Limpieza de producto y empaque	62
<b>TOTAL</b>	<b>349,86</b>
<b>MINUTOS</b>	<b>5,50</b>

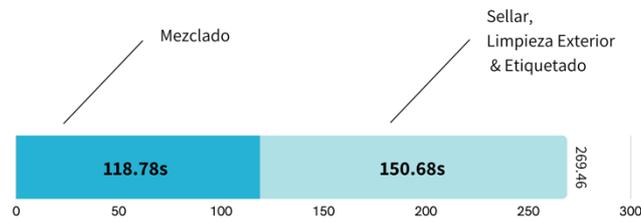
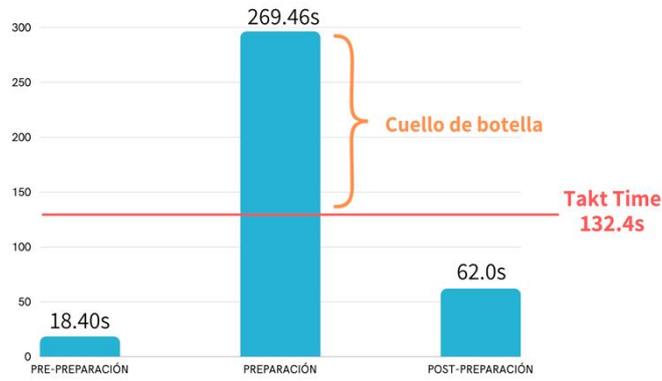
## Anexo G: Tiempos del proceso de la familia de polvos

<b>FAMILIA 2</b>	<b>seg</b>
Etiquetar	30,01
Preparar materiales	20,00
Empacar	40,19
Sellar	14,87
Empacado	65
Orden del Espacio	55
<b>TOTAL</b>	<b>225,07</b>
<b>MINUTOS</b>	<b>3,45</b>

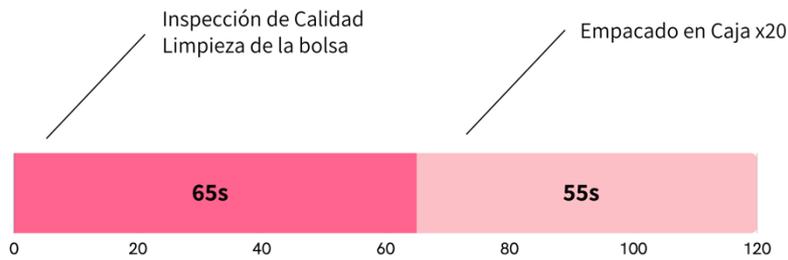
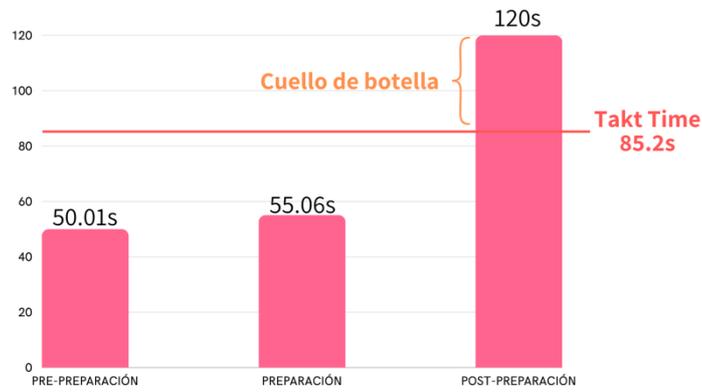
## Anexo H: Tiempos del proceso de la familia de sólidos

<b>FAMILIA 3</b>	<b>seg</b>
Preparar materiales	22,64
Empacar	37,90
Sellar	14,95
Etiquetar + Limpieza	52,86
Orden del Espacio	72
<b>TOTAL</b>	<b>200,35</b>
<b>MINUTOS</b>	<b>3,20</b>

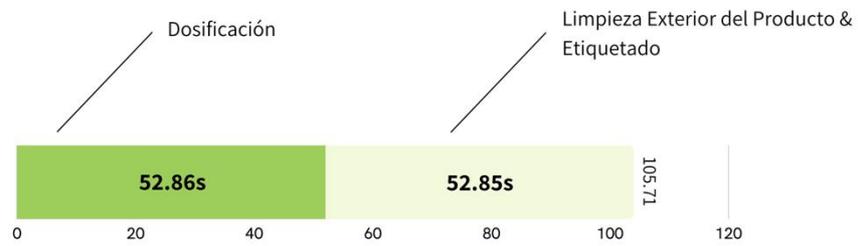
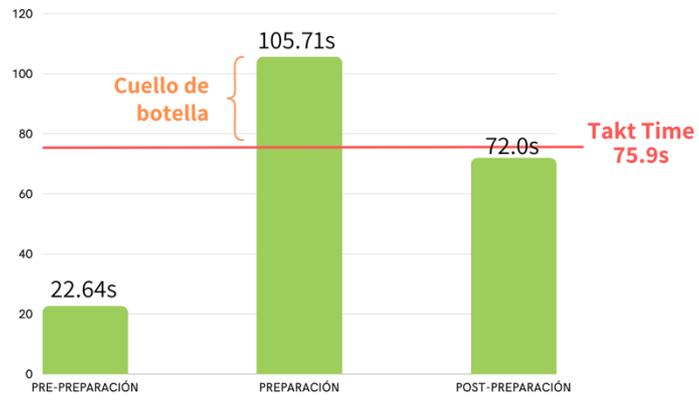
Anexo I: Análisis cuello de botella Líquidos



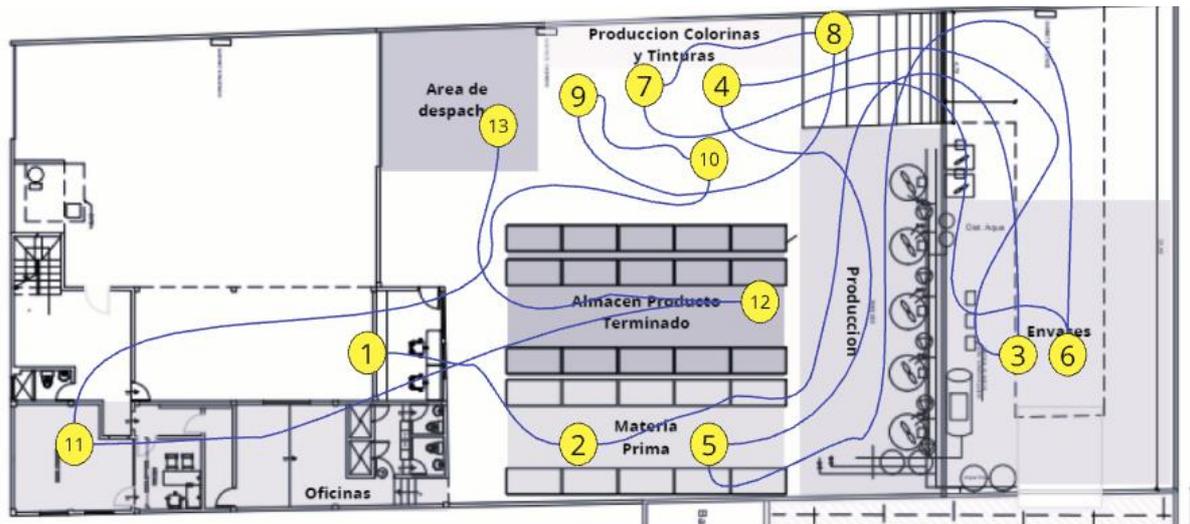
Anexo J: Análisis cuello de botella Polvos



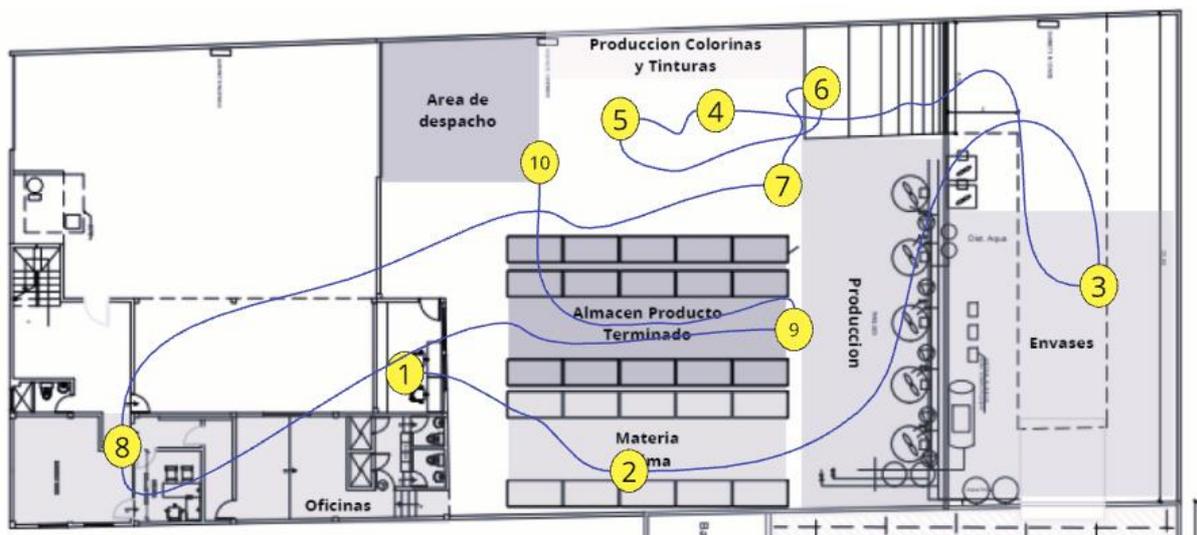
## Anexo K: Análisis cuello de botella Sólidos



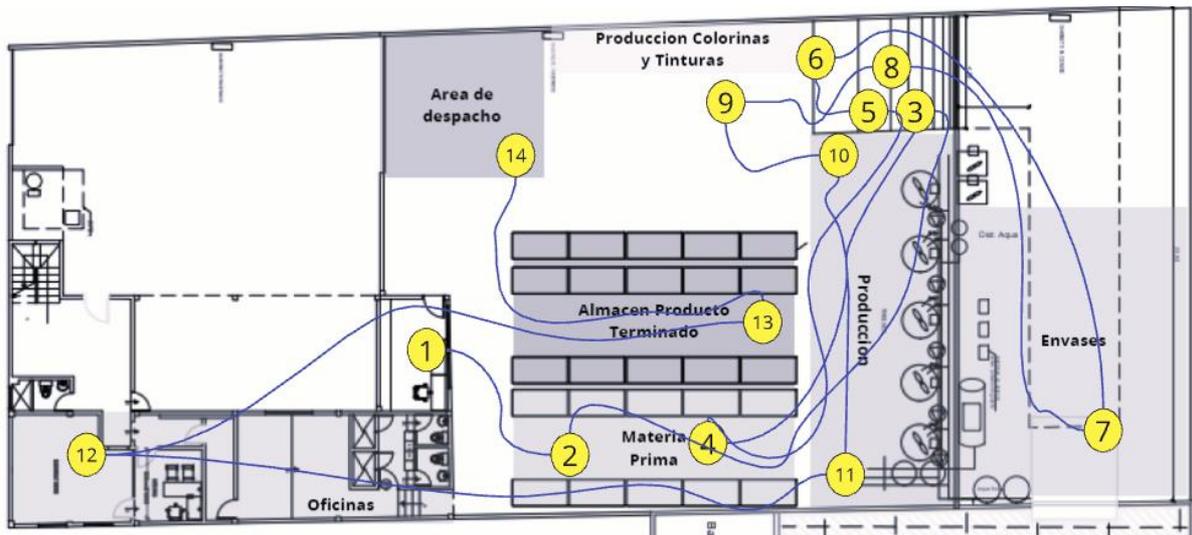
Anexo L: Diagrama de Spaghetti Familia Polvos Antes



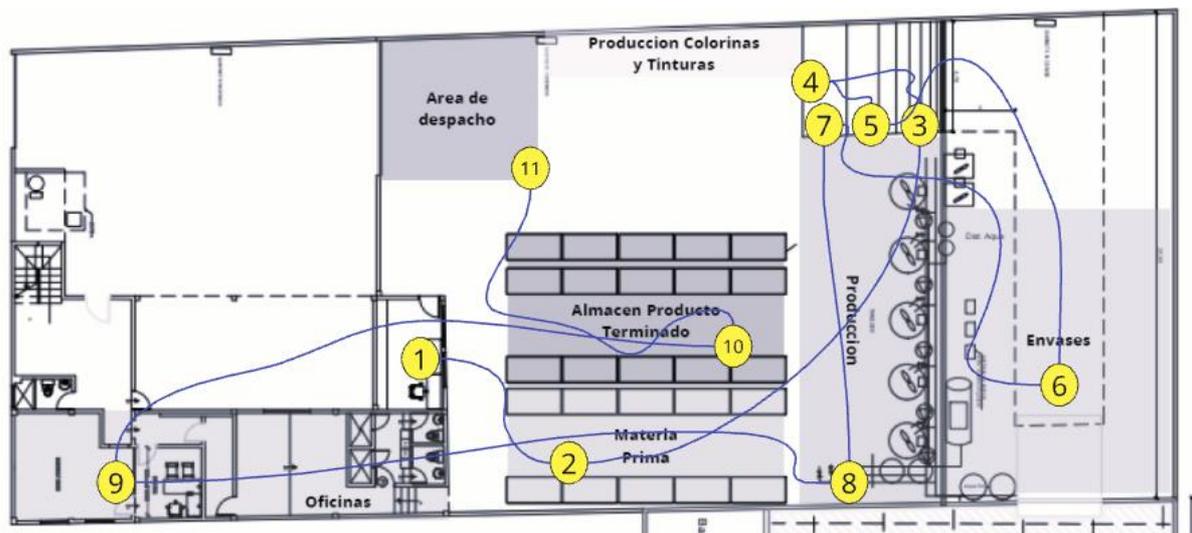
Anexo M: Diagrama de Spaghetti Familia Polvos Después



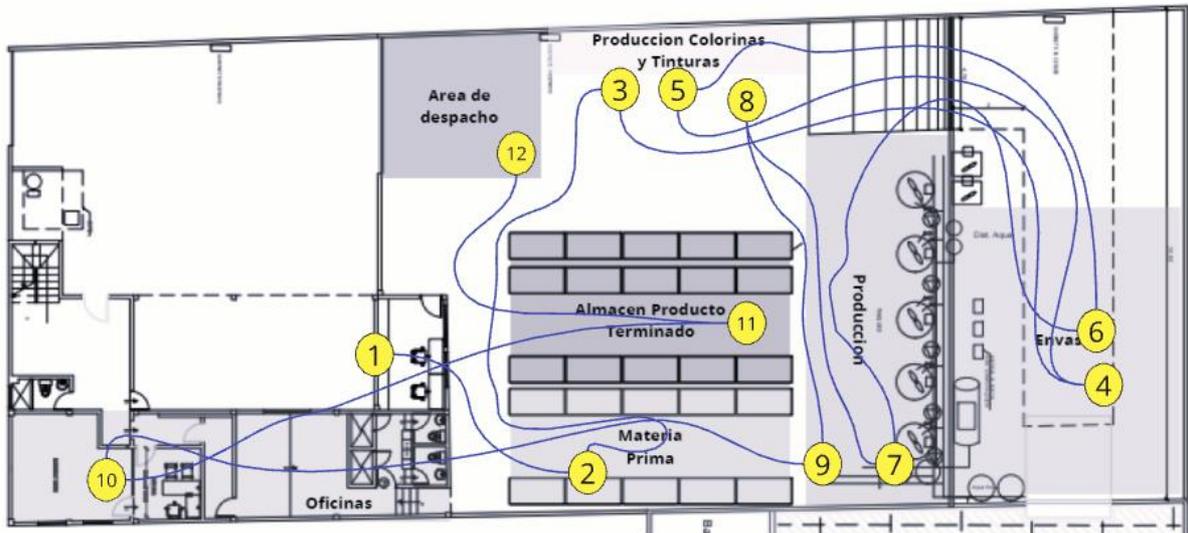
Anexo N: Diagrama de Spaghetti Familia Líquidos Antes



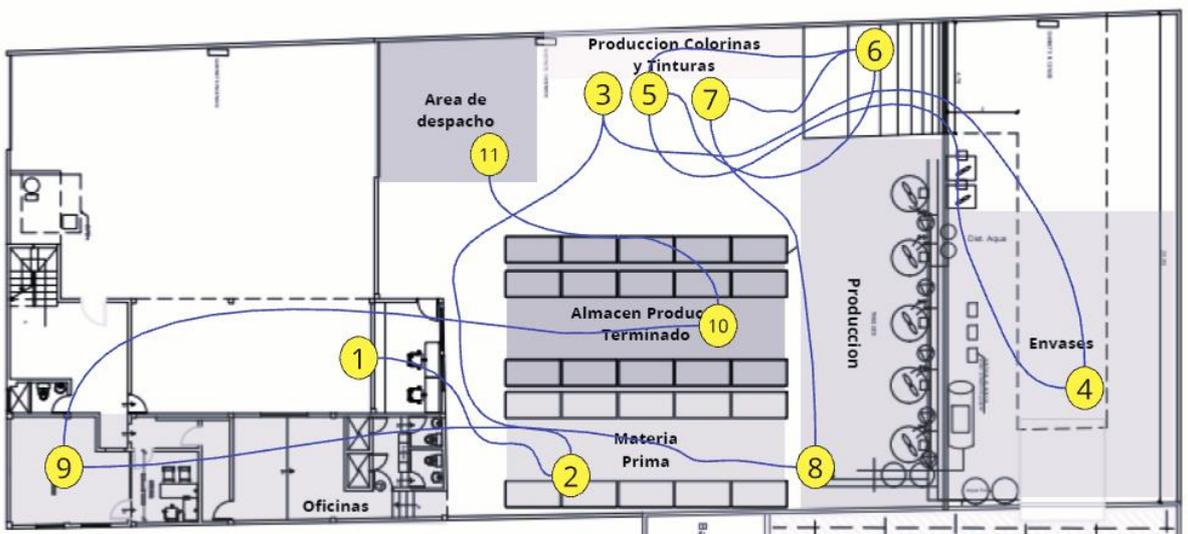
Anexo O: Diagrama de Spaghetti Familia Líquidos Después



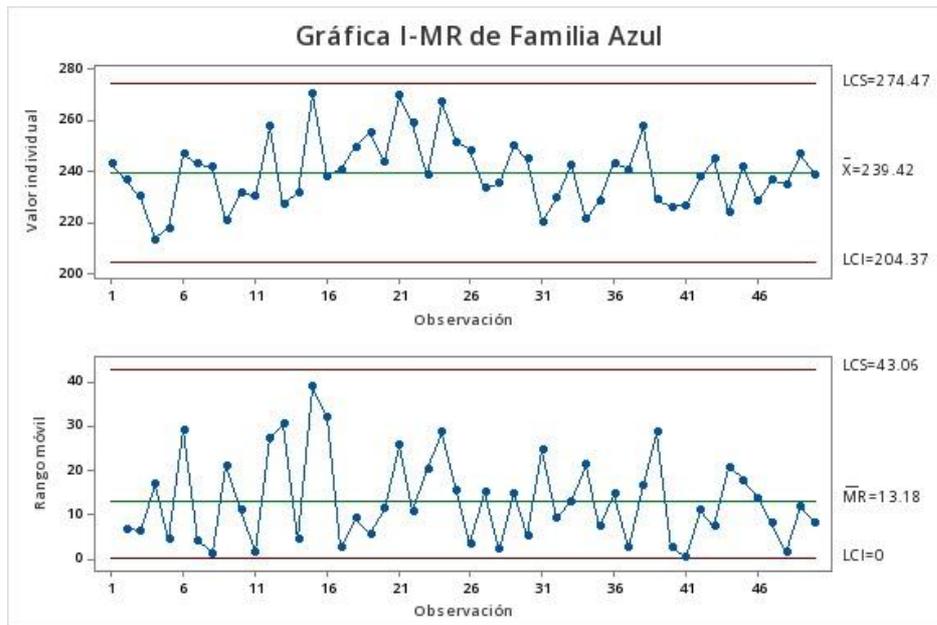
Anexo P: Diagrama de Spaghetti Familia Polvos Antes



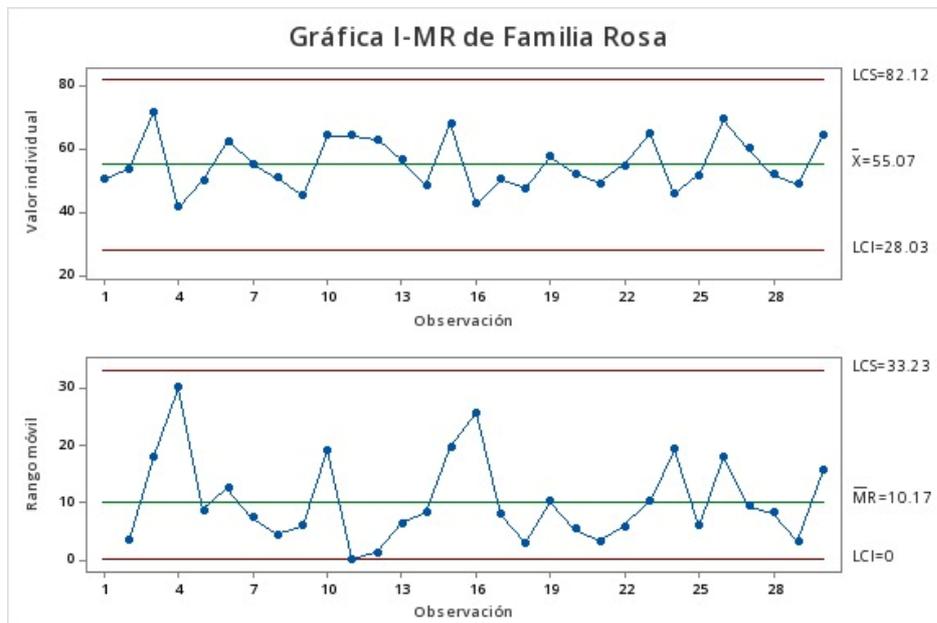
Anexo Q: Diagrama de Spaghetti Familia Polvos Después



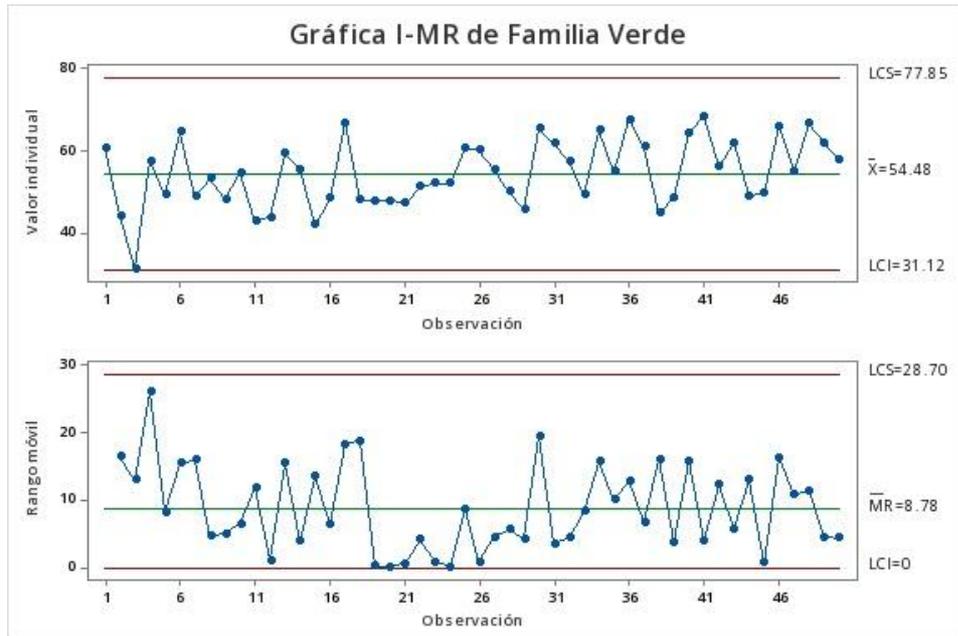
## Anexo R: I-MR Carta de Control Familia Líquidos



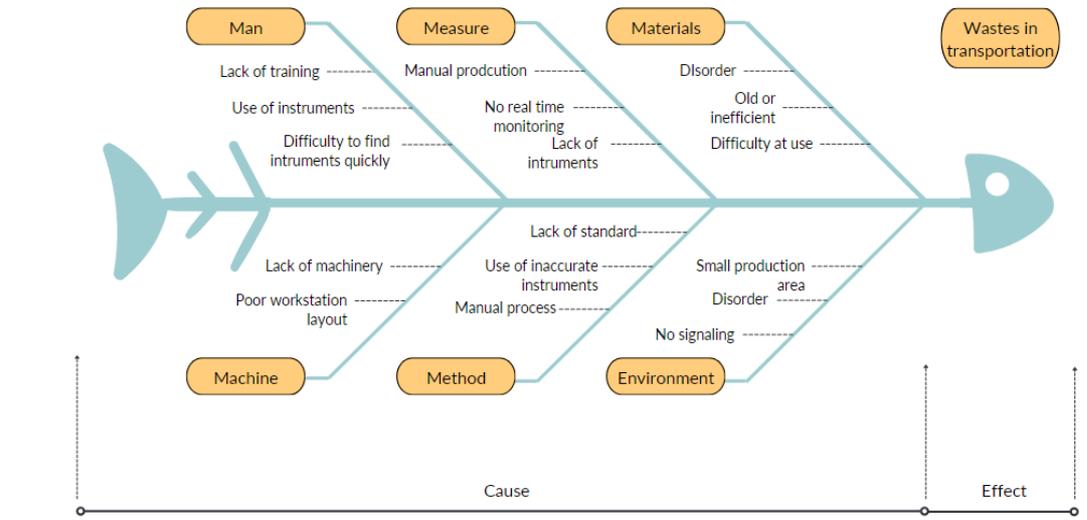
## Anexo S: I-MR Carta de Control Familia Polvos



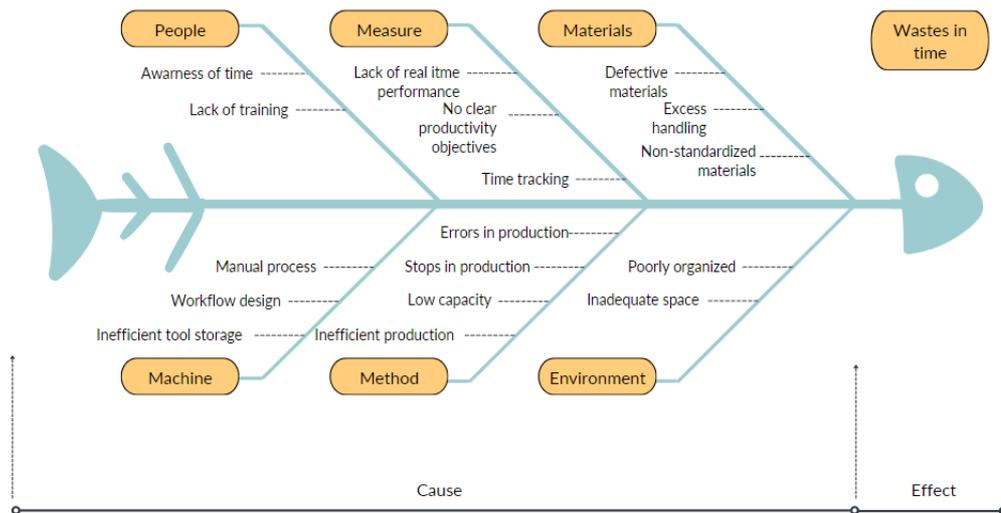
## Anexo T: I-MR Carta de Control Familia Sólidos



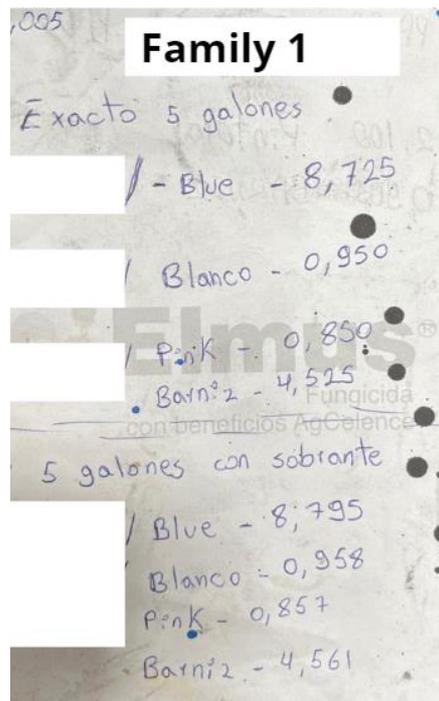
### Anexo U: Ishikawa Desperdicios en Transporte



### Anexo V: Ishikawa Desperdicios en Movimiento



## Anexo W: Recetas antes



## Anexo X: Recetas ahora



Anexo Y: Materiales fuera de lugar (antes)



Anexo Z: Materiales organizados y etiquetados en un estante (ahora)



## Anexo AA: Tablero Kanban

PRODUCCIÓN HOY				
FECHA:	POR HACER	EN CURSO	HECHO	
18-11-24	STS Gabón			
18-11-24	PLUS			
19-11-24	UNIVERSAL ✓			
20-11-24		RVB CLEAR		
	PEDIDOS	EN PROCESO	LISTO	
19-11-24			MEGA STOCK	
20-11-24		PROFLOWER		
20-11-24		CRAIT		

Anexo AB: Prototipo 1



Anexo AC: Prototipo 2

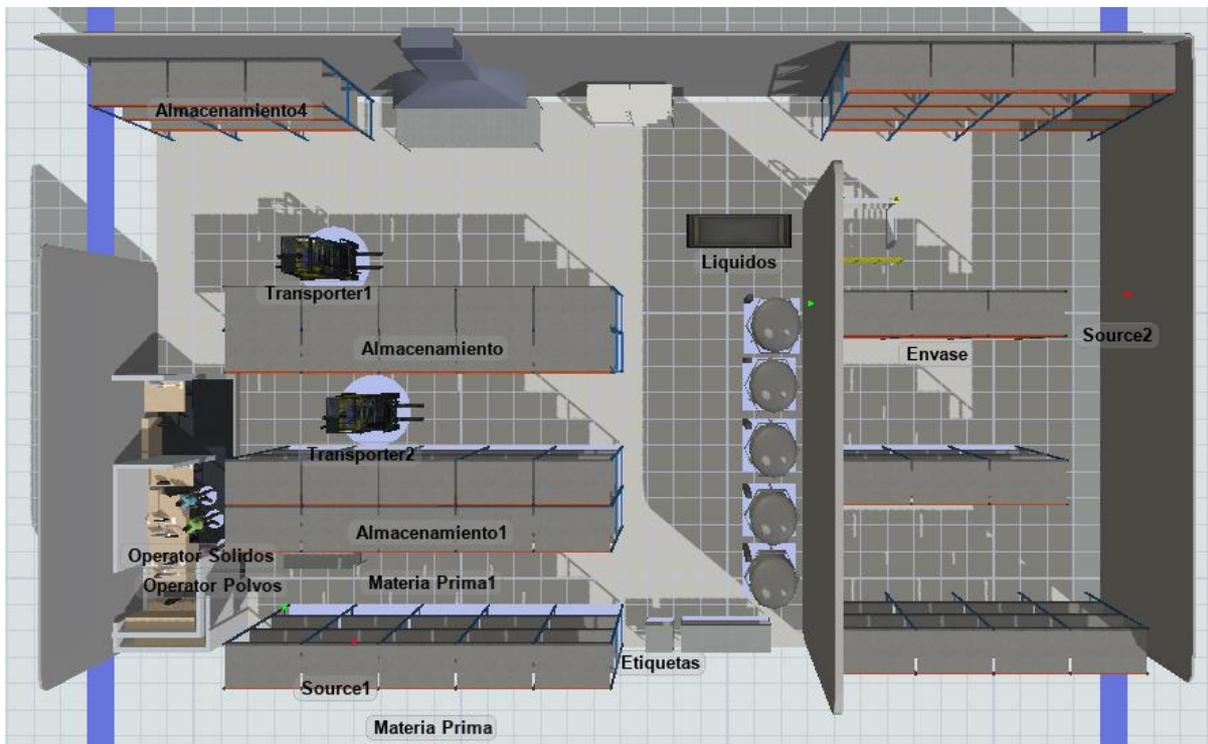
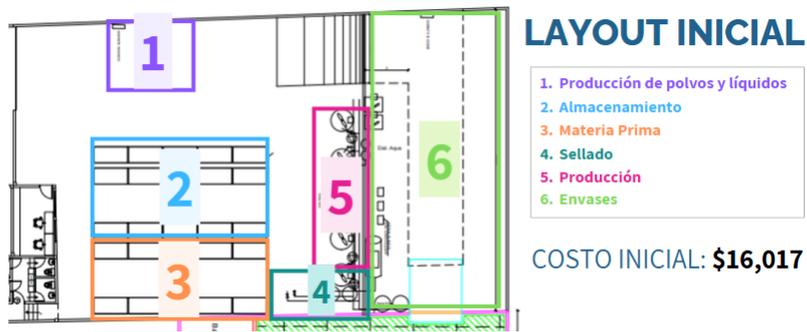


Anexo AD: Layout Antes

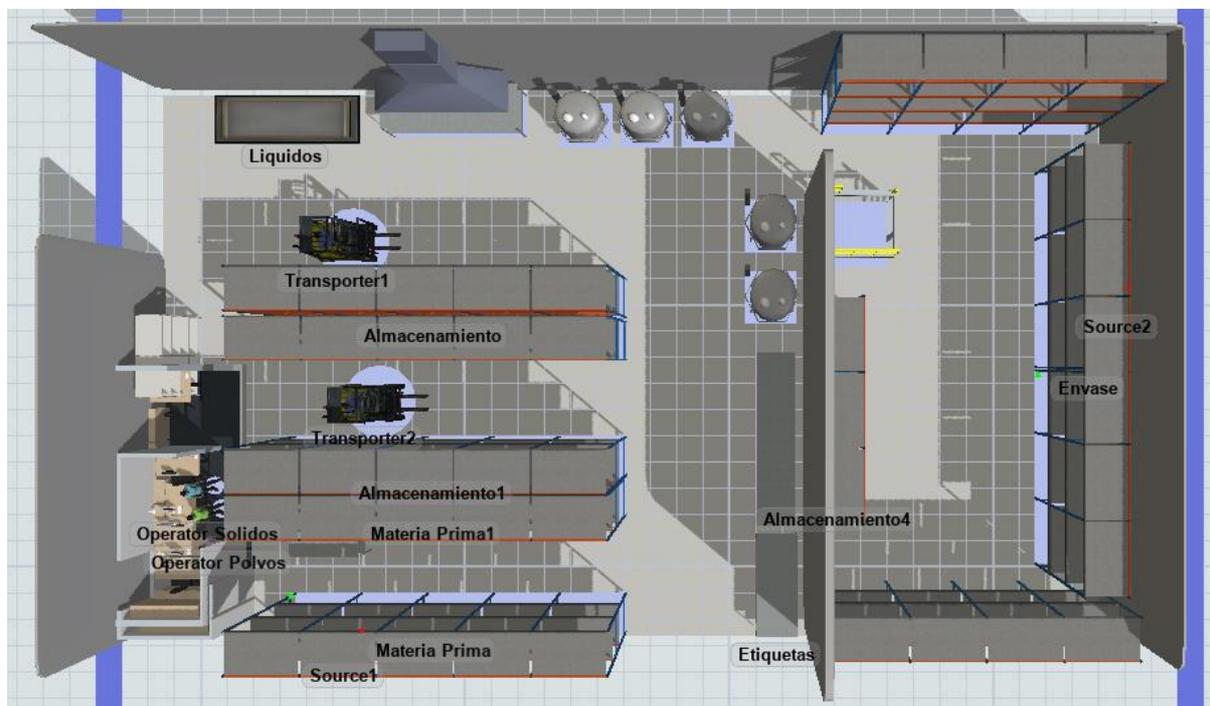
Matriz de Distancias							Matriz Desde-Hacia						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
1	0	7	7	2.5	1.5	10.5	1	0	24	36	690	0	690
2		0	0	4.5	8.5	3.5	2		0	0	690	24	0
3			0	4.5	3.5	3.5	3			0	0	36	0
4				0	4	8	4				0	690	0
5					0	12	5					0	36
6						0	6						0

Unidad=metros                      Unidad=Pallets

$$\text{Costo} = \text{Distancia} \times \text{Flujo}$$



## Anexo AE: Layout con Mejoras



## Anexo AF: Cuestionario 5s

<b>SEIRI (Clasificación)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Máximo de puntos</b>
1. ¿Considera buena la clasificación de herramientas e insumos? ¿Cómo la calificaría?						<b>25</b>
2. ¿Cree usted que su área de trabajo se encuentra bien distribuida? ¿Cómo la calificaría?						
3. ¿Usted sabe diferenciar correctamente entre lo necesario e innecesario? ¿Cómo la calificaría?						
4. ¿Alguna vez se ha perdido algún insumo por tenerlo en un lugar inadecuado? ¿Cómo calificaría la situación?						
5. ¿Existe algún método para clasificar entre lo que se tira, conserva o repara? ¿Cómo calificaría la situación?						
<b>Total</b>						

<b>SEITON (Organizar y Ordenar)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Máximo de puntos</b>
1. ¿Considera que su área de trabajo se encuentra actualmente ordenada? ¿Cómo la calificaría?						<b>20</b>
2. ¿Usted toma acciones para mejorar su área de trabajo con frecuencia? ¿Cómo la calificaría?						
3. ¿Le ha dificultado hallar algún artículo en su puesto de trabajo? ¿Cómo la calificaría?						
4. ¿Ha tenido pérdidas de tiempo u obstáculos a la hora de realizar su trabajo debido al orden? ¿Cómo calificaría la situación?						
<b>Total</b>						

<b>SEIRI (Limpieza)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Máximo de puntos</b>
1. ¿Existe un área específica para utensilios de limpieza?						<b>20</b>
2. ¿Cómo calificaría la limpieza que usted brinda a su área de trabajo?						
3. ¿Existe un cronograma de limpieza?						
4. ¿Existen botes de basura para clasificar los desechos?						

<b>Total</b>		
--------------	--	--

<b>SEIKETSU (Estandarizar)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Máximo de puntos</b>
1. ¿Existen guías para ejecutar limpieza y mantenimiento de maquinarias?						<b>10</b>
2. ¿Ha observado o tiene el conocimiento de que existan guías que señalen una correcta organización del área de trabajo?						
<b>Total</b>						

<b>SHITSUKE (Disciplina o Seguimiento)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Máximo de puntos</b>
1. ¿Se realiza un seguimiento para la clasificación de insumos, maquinarias y materiales?						<b>15</b>
2. ¿Se lleva a cabo un seguimiento al orden y distribución de todas las MP y maquinarias en el área?						
3. ¿Existen limpiezas periódicas en toda el área (producción y almacenamiento)? Si es así, ¿Estas son cumplidas?						
<b>Total</b>						

## Anexo AG: Puntuación de Auditoría

Rango de Puntuación	Descripción
5 - 20%	Deficiente
20 - 45%	Muy Malo
45 - 60%	Regular
60 - 80%	Bueno
80 - 90%	Sobresaliente

## Anexo AH: Puntuación de Auditoría Antes

	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Total	Descripción
<b>Clasificación</b>	0.76	0.8	0.84	0.8	Sobresaliente
<b>Orden</b>	0.8	0.6	0.75	0.72	Bueno
<b>Limpieza</b>	1	0.75	1	0.92	Sobresaliente
<b>Estándares</b>	0.5	0.5	0.6	0.53	Regular
<b>Seguimiento</b>	0.93	0.87	0.6	0.53	Sobresaliente
<b>Promedio</b>				<b>0.78</b>	<b>Bueno</b>

## Anexo AI: Puntuación de Auditoría Ahora

	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Total	Descripción
<b>Clasificación</b>	0,88	0,88	0,96	0,91	Sobresaliente
<b>Orden</b>	0,90	0,85	0,85	0,87	Sobresaliente
<b>Limpieza</b>	1,00	0,80	1,00	0,93	Sobresaliente
<b>Estándares</b>	0,70	0,70	0,80	0,73	Bueno
<b>Seguimiento</b>	0,93	0,87	0,93	0,91	Sobresaliente
<b>Promedio</b>				<b>0.87</b>	<b>Sobresaliente</b>